



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Skogens helsetilstand i Norge

Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2019

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 119 | 2020



Volkmar Timmermann¹⁾, Kjell Andreassen²⁾, Andreas Myki Beachell³⁾, May Bente Brurberg^{4, 14)}, Isabella Børja^{1, 14)}, Nicholas Clarke⁵⁾, Rune Halvorsen¹⁰⁾, Gro Hysten⁶⁾, Jane Uhd Jepsen¹¹⁾, Juliana I.S. Perminow⁷⁾, Sverre Solberg¹²⁾, Halvor Solheim¹⁾, Venche Talgø¹⁾, Mari Mette Tollefsrud⁸⁾, Ole Petter L. Vindstad¹³⁾, Bjørn Økland³⁾, Tonje Økland⁹⁾, Wenche Aas¹²⁾

¹⁾ Soppsjukdommer i skog-, jord- og hagebruk, ²⁾ Skogproduksjon og teknologi, ³⁾ Skadedyr og ugras i skog-, jord- og hagebruk, ⁴⁾ Molekylær plantebiologi, ⁵⁾ Biogeokjemi og jordkvalitet, ⁶⁾ Landsskogtakseringen, ⁷⁾ Virus, bakterier og nematoder i skog-, jord og hagebruk, ⁸⁾ Skoggenetikk og biomangfold, ⁹⁾ Grøntanlegg og vegetasjonsøkologi (NIBIO), ¹⁰⁾ Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo (UiO), ¹¹⁾ Norsk institutt for naturforskning (NINA), ¹²⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU), ¹³⁾ Norges Arktiske Universitet (UiT), ¹⁴⁾ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

TITTEL/TITLE

Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2019
The state of health of Norwegian forests. Results from the national forest damage monitoring 2019

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Volkmar Timmermann, Kjell Andreassen, Andreas Myki Beachell, Isabella Børja, May Bente Brurberg, Nicholas Clarke, Rune Halvorsen, Gro Hysten, Jane Uhd Jepsen, Juliana I.S. Perminow, Sverre Solberg, Halvor Solheim, Venche Talgø, Mari Mette Tollefsrud, Ole Petter L. Vindstad, Bjørn Økland, Tonje Økland, Wenche Aas

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
06.10.2020	6/119/2020	Åpen	10154	17/02585
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02387-6	2464-1162	89		

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

LMD

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Volkmar Timmermann

STIKKORD/KEYWORDS:

Skogens helsetilstand, langtransporterte luftforurensninger, skogovervåking, ICP Forests, terrestrisk naturovervåking (TOV), bjørkemålere, stor granbarkbille, feromonfeller, fremmede skadegjørere på skog, bakteriesykdommer på trær, askeskuddsyke, skogskader

Forest health, long-range transboundary air pollution, forest monitoring, ICP Forests, Terrestrial Ecosystems Monitoring Program (TOV), birch moths, *Ips typographus*, pheromone traps, invasive alien pests and diseases, bacterial diseases in trees, ash dieback, forest damage

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skoghelse

Forest health

Sammendrag

Skogens helsetilstand påvirkes i stor grad av klima og værforhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser. Det samme gjør invaderende skadegjørere, både allerede etablerte arter og nye som kan komme til Norge i nær framtid. I denne rapporten presenteres resultater fra skogskadeovervåkingen i Norge i 2019 og trender over tid.

I **den landsrepresentative skogovervåkingen** ble det registrert en liten nedgang i kronetetthet hos gran og furu i 2019 som kan være relatert til den omfattende tørken i Sør-Norge i 2018, men det ble ikke registrert mange tørkeskader hos bartrærne. Derimot var de fleste skadene hos eik forårsaket av tørke. Det høye skadenivået på eik som ble registrert i 2019 er generelt urovekkende, og

**NIBIO**NØRSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

utviklingen hos våre eikearter bør følges ekstra nøye framover. Angrep av bjørkemålere gikk tilbake i 2019, men preget fortsatt skadebildet i bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellregionene i Sør-Norge.

Kjemiske analyser av luft, nedbør og jordvann i **den intensive skogovervåkingen** har vist at avsetning av antropogene nitrogen- og svovelforbindelser var høyere på flata i Birkenes enn i Hurdal og Osen pga. langtransportert forurensing fra kontinentet. Det ble f.eks. målt 8,3 kg uorganisk N/ha i nedbøren under kronetaket på Birkenes i 2019. Til tross for dette ble det målt lave N verdier i barnåler i Birkenes, og konsentrasjonen av N i barnåler sank kraftig på alle tre flater. Det ble målt relativt høye ozonverdier i 2019, og UNECEs grenseverdi på 5000 ppb-timer for skog ble overskredet på 4 av 7 målestasjoner. Bortsett fra under ekstrem sommeren 2018, har det ikke vært en så utbredt overskridelse av tålegrensen for skog siden 2008. Dette på tross av at det har vært store reduksjoner i utslipp av ozondannende forløpere i Europa, og det illustrerer den sterke koblingen mellom klima og nivået av bakkenært ozon. I Osen og Birkenes har trærnes høydertilvekst holdt seg ganske bra i siste femårsperiode, mens det i Hurdal har vært en betydelig redusert høydertilvekst. Kronetilstanden til grantrærne på flata i Hurdal har vært dårlig over flere år nå, og flere trær har dødd her.

Langtidsserier fra vegetasjonsanalyser i ni vernede granskogsområder i **Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)** viser en betydelig reduksjon i artsantall og mengdeendringer for arter i bakkevegetasjonen fra 1988 til 2019, både for mange karplanter og moser. Bakkevegetasjonen påvirkes av mange faktorer, men økt høsttemperatur og derved lengre vekstsesong samt manglende eller få smånagertoppår er trolig de viktigste årsakene til endringene i bunnsjiktet. Noen få arter av store skogsmoser har økt betydelig i mengde, bidratt til fortetting av skogbunnen og overvokst små arter. I hvilken grad klimaendringene og fortetting av bunnsjiktet også har bidratt til de påviste endringene for karplantene er foreløpig ikke undersøkt.

Overvåking av bjørkemålere har vist at bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellregionene i Sør-Norge har opplevd betydelige utbrudd av bjørkemålere i løpet av de siste 6–7 årene. Overvåkingen i 2019 viste imidlertid at bestandene er i tilbakegang for landet sett som helhet. I Troms har målerbestandene allerede nådd et bunnpunkt, og bestandene i fjellet i Sør-Norge er også nedadgående. Vi forventer derfor at skogen i mesteparten av Norge vil oppleve begrenset påvirkning fra målere i årene som kommer.

Barkbilleovervåkingen rapporterte at mengden av stor granbarkbille økte noe i Vestfold, Telemark og Agder i 2019, hvor det også ble observert tørke- og billeskader i tørkeutsatte granbestand. I de øvrige landsdelene var det en nedgang. Modellberegninger basert på temperatursommer tyder på at store deler av Østlandet kan ha hatt mulighet for to generasjoner av stor granbarkbille i løpet av tørkesommeren 2018. Til tross for gunstige forhold i dette året, så startet det ikke barkbilleutbrudd verken i 2018 eller 2019. Dette kan bl.a. skyldes at fuktig og kjølig vær i årene før 2018 bidro til lave populasjoner ved start av tørkesommeren 2018. Barkbillepopulasjonene ble dessuten dempet av den kalde og fuktige forsommeren i 2019.

Dagens importkontroll mot **fremmede skogskadegjørere** er basert på stikkprøver fra importsteder. Fremmede arter kan likevel bli innført til nærliggende skoger når varevolumene er for store for påvisning med stikkprøver. I denne rapporten beskrives et utvalg av de mest alvorlige skogskadegjørerne blant fremmede insekter, sopp og nematoder, hvor både artene selv og varene som kan føre dem med er regulert i norsk lov. Siden tollstatistikk tyder på at slike varer importeres tross reguleringene, kan overvåking og mer effektiv regulering av de aktuelle varestrømmene være viktig for å forebygge innførsel av disse skogskadegjørerne.

Bakteriesjukdommer på trær ser ut til å være et økende problem i Norge, og bør derfor få mer fokus. Planteprovur til Planteklinikken kan være en viktig kanal for å fange opp tidlige signaler om utbrudd, men ofte skal det omfattende skader til før det blir rapportert. Bakterier spres hovedsakelig

med plantemateriale over lengre avstander. Vi har lenge vært urolige med tanke på hvilke konsekvenser den store importen av prydplanter, frukttrær og til dels skogplanter vil få fremover.

Askeskuddsyke har spredt seg gjennom det aller meste av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, og svært mange trær har blitt syke og dødd. Likevel finnes det fortsatt friske asketrær, også på våre overvåkingsflater. Frø fra noen av disse har blitt samlet inn tidligere og dyrket opp som ledd i utvikling av motstandsdyktig plantemateriale. I 2019 oppfordret vi i tillegg publikum til å rapportere inn friske asketrær med frøsetting (kampanje Frisk ask), slik at frøinnsamlingen på sikt kan utvides.

Andre spesielle skogskader i 2019: Ospeskranting var svært utbredt i Troms og Finnmark. Skadene er omfattende, og mange trær ser ut til å dø. Det er også rapportert en lignende skade på osp fra høyereliggende strøk i Sør-Norge. Årsaken er fremdeles ikke klarlagt. Fra Sør- og Østlandet ble det rapportert både omfattende snø- og tørkeskader, samt angrep av furubarveps i Østfold. Stormskader var vanlige i hele landet i 2019.

Summary

Forest health is to a large extent affected by climate and weather conditions, either directly by e.g. drought, frost and wind, or indirectly when climatic conditions influence the occurrence and abundance of pests and diseases. Climate change and the expected increase in abiotic damage are a challenge to the management of future forest resources. The same is true for invasive damage agents, both species which are already established and species which can possibly migrate to Norway in the future. This report presents results from the Norwegian forest damage monitoring in 2019 and trends over time.

Crown defoliation in Norway spruce and Scots pine increased slightly on **the large-scale Level I plots** in 2019, possibly as a consequence of the 2018 drought. However, few records of drought damage on coniferous trees have been reported. Contrary to this, most of the damage observed in deciduous oaks was caused by drought. Oaks had an alarmingly high level of damage in 2019 and should be given attention in future. Birch moths still pose a threat to the birch forests in northern Norway and at higher altitudes in southern Norway, but to a lesser degree than in previous years.

Chemical analyses of air, precipitation and soil water at our **intensive Level II sites** showed higher levels in deposition of anthropogenic sulphur- and nitrogen-containing compounds at Birkenes than at our other Level II sites due to long-range transported air pollution. We measured e.g. 8.3 kg/ha of inorganic nitrogen in throughfall in Birkenes in 2019. However, N concentrations in spruce needles were low at Birkenes, and had decreased strongly at all 3 plots. The level of tropospheric ozone was relatively high in Norway in 2019 despite a reduction of ozone precursors in Europe, and UNECE's "critical value" of 5000 ppb-hours for forests was exceeded at 4 of the 7 monitoring stations. Except for the extreme summer in 2018, there have not been such extensive exceedances since 2008. This illustrates the strong link between climate and levels of tropospheric ozone. Height measurements have shown considerable growth in Birkenes and Osen, but reduced height growth in Hurdal. Crown condition of the spruce trees in the plot in Hurdal has also been declining for some years now, and several trees have died recently.

Results from long-term **Terrestrial Ecosystems Monitoring** in protected Norway spruce forests has shown a considerable decline in both species richness and abundance in the ground vegetation from 1988–2019, both for several vascular plants and for mosses. Ground vegetation is influenced by many factors. Increasing fall temperatures, a prolonged growing season and the absence of rodent peaks are likely to be the most important causes for changes in ground vegetation. A few species of larger mosses have increased considerably in abundance and have thus contributed to a denser



forest floor, out-competing smaller species. To what extent climate change and a denser forest floor have influenced the documented changes in vascular plants has not yet been investigated.

Monitoring of birch moths has shown that extensive outbreaks of birch moths have taken place in the birch forests in northern Norway and in mountainous areas in southern Norway during the past 6–7 years. Results from the monitoring in 2019 showed, however, that the populations are declining in the whole country. In Troms county birch moth populations have already reached the bottom, and populations in southern Norway are also declining. We therefore expect less impact from birch moths in most areas in Norway in the years to come.

Results from the **Norwegian spruce bark beetle monitoring** showed a small increase in *Ips typographus* populations in the counties of Vestfold, Telemark and Agder in 2019, where also many incidents of drought and bark beetle damage have been observed in drought exposed localities. Modelling based on temperature sums indicate that two generations of bark beetles could have been possible in large parts of East Norway during the drought summer in 2018. Despite the favourable conditions in that year, outbreaks took place neither in 2018 nor in 2019, possibly because cold and humid weather in the years before 2018 resulted in low populations at the start of 2018. Bark beetle populations were also affected negatively by the cold and humid spring in 2019.

Random samples from import localities are used as measure against import of **alien forest damaging agents**. However, these agents can still be introduced to surrounding forests if the volume of the commodity is too large for detection by random sampling. In this report we present insects, fungi and nematodes, which are regulated due to their severity as forest damaging agents. Also their vectoring commodities are regulated by law. Since these commodities are still imported, more efficient monitoring and regulations are needed to prevent the introduction of these species.

Bacterial diseases in trees seem to be an increasing problem in Norway and should therefore get more attention. Plant samples sent to NIBIOs Plant Clinic are important as an early warning system. However, in many cases extensive damage has to take place before an outbreak is reported. Bacteria are most commonly spread with plant material over long distances. We have been concerned for a long time about the future impact of the considerable import of ornamental plants, fruit trees and to some extent forest tree seedlings.

Ash dieback has spread through most of the distribution range of common ash in Norway, and many trees have been affected and died. Some trees have, however, remained healthy, also in our monitoring plots. Seeds from some of these and others have been collected and grown in order to produce resistant ash plants. In 2019 we launched a citizen science campaign asking the public to report healthy looking ash trees with seeds, which can be incorporated in the breeding programme.

Other special incidents of forest damage in 2019: Wilting of *Populus tremula* was widespread in northern Norway. Damage was extensive and many aspens have died. There was also a report with similar damage from aspen at higher altitudes in southern Norway. The causal agent has not yet been identified. In southern Norway, snow and drought damage were prevalent, and locally attacks by the European pine sawfly. Storm damage was common in the whole country in 2019.

GODKJENT /APPROVED

Birgitte Henriksen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Volkmar Timmermann

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

I denne rapporten presenteres resultater og analyser for 2019 samt utvikling og trender over tid fra skogskadeovervåkingen i Norge og andre overvåkingsprogrammer relatert til skog.

Bidragstyperne kommer fra Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO, divisjonene Bioteknologi og plantehelse, Skog og utmark og Miljø og naturressurser), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for naturforskning (NINA) i Tromsø, Universitetet i Tromsø - Norges Arktiske Universitet (UiT) og Naturhistorisk museum ved Universitetet i Oslo (UiO).

Skogskadeovervåkingen i Norge er finansiert av Landbruks- og matdepartementet. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere, teknikere, laboratoriepersonale og feltarbeidere ved de deltakende institusjonene, og lokale observatører som hver uke samler inn og sender prøver til oss. En spesiell takk rettes til Gro Wollebæk for korrekturlesning, til Rune Eriksen og Johannes Rahlf, avd. Landsskogtakseringen, for tilrettelegging av data fra Landsskog og produksjon av kart, til Hans Nyeggen, avd. Skoggenetikk og biomangfold, for overvåking av ask på Vestlandet og til grunneierne rundt om i Norge som har stilt sine eiendommer til rådighet for vår langsiktige overvåking.

Og sist, men ikke minst: Gratulerer Landsskogtakseringen med 100-årsjubileet som var i 2019!

Ås, 06.10.20

Volkmar Timmermann

Forfattere av fagbidragene:

1. Landsrepresentativ skogovervåking: Volkmar Timmermann og Gro Hysten
2. Intensiv skogovervåking:
Trærnes kronetilstand: Volkmar Timmermann
Kjemiske komponenter i luft: Wenche Aas og Sverre Solberg
Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog: Nicholas Clarke
Næringsstoffer i barnåler: Volkmar Timmermann
Tilvekst: Kjell Andreassen
3. TOV granskog: Utvikling i bakkevegetasjonen og dens artsmangfold i ni områder med gammel, vernet granskog. Utvalgte overvåkingsresultater 1988–2019: Tonje Økland og Rune Halvorsen
4. Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark: Ole Petter L. Vindstad og Jane Uhd Jepsen
5. Barkbilleovervåkingen – Sesongutvikling av barkbillepopulasjonene i 2019: Bjørn Økland og Andreas Myki Beachell
6. Fremmede skadegjørere – innførselsveier via tømmer- og trevarer: Bjørn Økland og Isabella Børja
7. Bakterier som gjør skade på skogstrær: Juliana Irina Spies Perminow, May Bente Brurberg og Venche Talgø
8. Overvåking av askeskuddsyke: Volkmar Timmermann, Halvor Solheim og Mari Mette Tollefsrud
9. Andre spesielle skogskader: Isabella Børja og Halvor Solheim

Innhold

Bakgrunn	9
1 Landsrepresentativ skogovervåking.....	10
1.1 Innledning.....	10
1.2 Metoder.....	10
1.2.1 Overvåkingsflater	10
1.2.2 Registreringer.....	12
1.3 Resultater	13
1.3.1 Kronetetthet.....	13
1.3.2 Misfarging	15
1.3.3 Skader.....	16
1.4 Diskusjon	20
Litteraturreferanser.....	22
2 Skogøkologiske analyser og målinger av luftkjemi på de intensive overvåkingsflatene	23
2.1 Innledning.....	23
2.2 Metoder.....	23
2.2.1 Overvåkingsflater	23
2.2.2 Måleprogram	24
2.3 Resultater	26
2.3.1 Trærnes kronetilstand.....	26
2.3.2 Kjemiske komponenter i luft.....	27
2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog.....	30
2.3.4 Næringsstoffer i barnåler	32
2.3.5 Tilvekst	34
2.4 Diskusjon	36
Litteraturreferanser.....	38
3 TOV granskog: Utvikling i bakkevegetasjonen og dens arts mangfold i ni områder med gammel, vernet granskog. Utvalgte overvåkingsresultater 1988–2019.....	39
3.1 Innledning.....	39
3.2 Metoder.....	39
3.3 Resultater	42
3.4 Diskusjon	45
Litteraturreferanser.....	45
4 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark.....	47
4.1 Innledning.....	47
4.2 Metoder.....	47
4.2.1 Bestandsovervåking	47
4.3 Resultater	48
4.3.1 Bestandsovervåking	48
4.3.2 Innrapporterte skader.....	50
4.4 Diskusjon	51
Litteraturreferanser.....	52

5	Barkbilleovervåkingen – Sesongutvikling av barkbillepopulasjonene i 2019.....	54
5.1	Innledning.....	54
5.2	Metoder.....	55
5.3	Resultater og diskusjon	55
	Litteraturreferanser.....	59
6	Fremmede skadegjørere – Innførselsveier via tømmer- og trevarer.....	61
6.1	Innledning.....	61
6.2	Metoder.....	61
6.3	Resultater og diskusjon	62
	Litteraturreferanser.....	65
7	Bakteriesjukdommer på trær i Norge	67
7.1	Innledning.....	67
7.2	Metoder.....	67
	7.2.1 Symptomer ved bakterieinfeksjon	67
	7.2.2 Isolering og identifisering.....	68
7.3	Resultater	70
	7.3.1 <i>Pseudomonas syringae</i>	70
	7.3.2 <i>Lonsdalea quercina</i>	72
	7.3.3 Fytoplasma	73
7.4	Diskusjon	74
	Litteraturreferanser.....	74
8	Overvåking av askeskuddsyke	75
8.1	Innledning.....	75
8.2	Metoder.....	77
8.3	Resultater	77
	8.3.1 Spredning og utbredelse i Norge.....	77
	8.3.2 Overvåking på permanente flater	78
8.4	Diskusjon	80
	Litteraturreferanser.....	83
9	Andre spesielle skogskader i 2019	84
9.1	Innledning.....	84
9.2	Metoder.....	84
9.3	Resultater og diskusjon	84
	Konklusjoner.....	89

Bakgrunn

Skog dekker nærmere 40 % av Norges landareal. Skogene bidrar til karbonbinding både over og under bakken, forsyner oss med råvarer, spiller en viktig rolle for friluftslivet og er leveområdet for utallige arter. Skogens viktige rolle som leverandør av slike økosystemtjenester forutsetter imidlertid et intakt skogøkosystem, en god skoghelse og en langsiktig og bærekraftig forvaltning. Dette er også nedfelt i FNs bærekraftsmål 15¹, som bl.a. understreker viktigheten av å bevare skogøkosystemer og økosystemtjenester, opprettholde arts mangfold og genressurser, sikre bærekraftig skogforvaltning og forhindre innførsel og spredning av fremmede arter.

Utfordringer for framtidens skogressurser i Norge er mange, deriblant klimaendringene, den forventede økningen i klimarelaterte skogskader, langtransportert forurensning og ekspanderende og invaderende skadegjørere begünstiget av både et endret klima og utvidet internasjonal handel og import. Uansett hvilke utfordringer skogen står overfor, er det viktig med en langsiktig skogovervåking for å kunne oppdage endringer og iverksette tiltak mot truslene. Lange tidsserier er generelt viktige i skogforskningen ettersom trær har en generasjonstid på mange tiår, og de er særlig viktige for å kunne fastslå endringer i skogøkosystemet over tid som ikke skyldes naturlige svingninger i eksempelvis bestandsnivåer av skadegjørere eller værforhold som varierer fra år til år.

Samarbeid over landegrensener er avgjørende for å møte globale miljøutfordringer. Internasjonalt samarbeid er også viktig for å utveksle erfaringer og kunnskap. Skogovervåkingen i Norge har en forankring i bl.a. Plantevernorganisasjonen for Europa og Middelhavsområdet (EPPO²) og det Internasjonale samarbeidsprogrammet om overvåking av effekter av luftforurensninger på skog (ICP Forests³). ICP Forests opererer under FN konvensjonen om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger (Luftkonvensjonen, tidligere UNECE CLRTAP⁴).

FNs Luftkonvensjon hadde 40-årsjubileum i 2019 (Figur 1). Arbeidet under konvensjonen anses for å ha vært svært vellykket og har siden 1979 bidratt sterkt til at luftforurensningen i Europa har avtatt. Særlig har utslipp av svovel og dels også nitrogen blitt redusert. Konvensjonen har dermed også bidratt til å oppfylle flere av FNs bærekraftsmål. Omfattende vitenskapelig arbeid ligger til grunn for dokumentasjonen av hvordan forurensning kunne fraktes over svært lange avstander og hvordan det påvirket miljøet. I 2019 var det 51 land som hadde sluttet seg til konvensjonen. Norge har deltatt helt siden starten i 1979.



Figur 1. I 2019 var det 40 år siden FNs konvensjon om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger – også kjent som "Sur Nedbør"-konvensjonen – ble vedtatt.

¹ <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

² <https://www.eppo.int/>

³ <http://icp-forests.net/>

⁴ <https://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

1 Landsrepresentativ skogovervåking

Volkmar Timmermann og Gro Hysten (NIBIO)

1.1 Innledning

I 1985 forpliktet Norge seg til å delta i og levere data til 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, nå Luftkonvensjonen). Programmet dokumenterer endringer i de europeiske skogens helsetilstand og undersøker årsaksforhold. ICP Forests leverer også informasjon om flere indikatorer for bærekraftig skogbruk til FOREST EUROPE (Köhl & San-Miguel-Ayanz 2015), og data og ekspertråd formidles til diverse FN-konvensjoner og organer⁵. Denne informasjonen er meget viktig i utformingen av den globale skog- og miljøpolitikken. I programmet deltar 40 europeiske land samt Canada og USA, som alle bruker tilnærmet de samme metodene i henhold til en felles manual (UNECE 2016) for å beskrive skogens helsetilstand. Hvert år rapporteres det data fra ca. 100 000 trær på 6 000 europeiske flater som ligger i et 16x16 km nett med én overvåkingsflate pr. 256 km² (ICP Forests Level I), og det utarbeides årlige rapporter om skogtilstanden i Europa (Michel m. fl. 2020). Overvåkingen på de landsrepresentative flatene i Norge er tilknyttet ICP Forests' Level I nettverk. Data fra et utvalg av de nasjonale flatene sendes årlig til ICP Forests og bidrar dermed med informasjon om skogens generelle helsetilstand i tid og rom og skadegjøreres utbredelse og forekomst i Europa. I 2019 inngikk data fra 687 norske flater i den europeiske rapporten om skogens helsetilstand (Michel m. fl. 2020).

1.2 Metoder

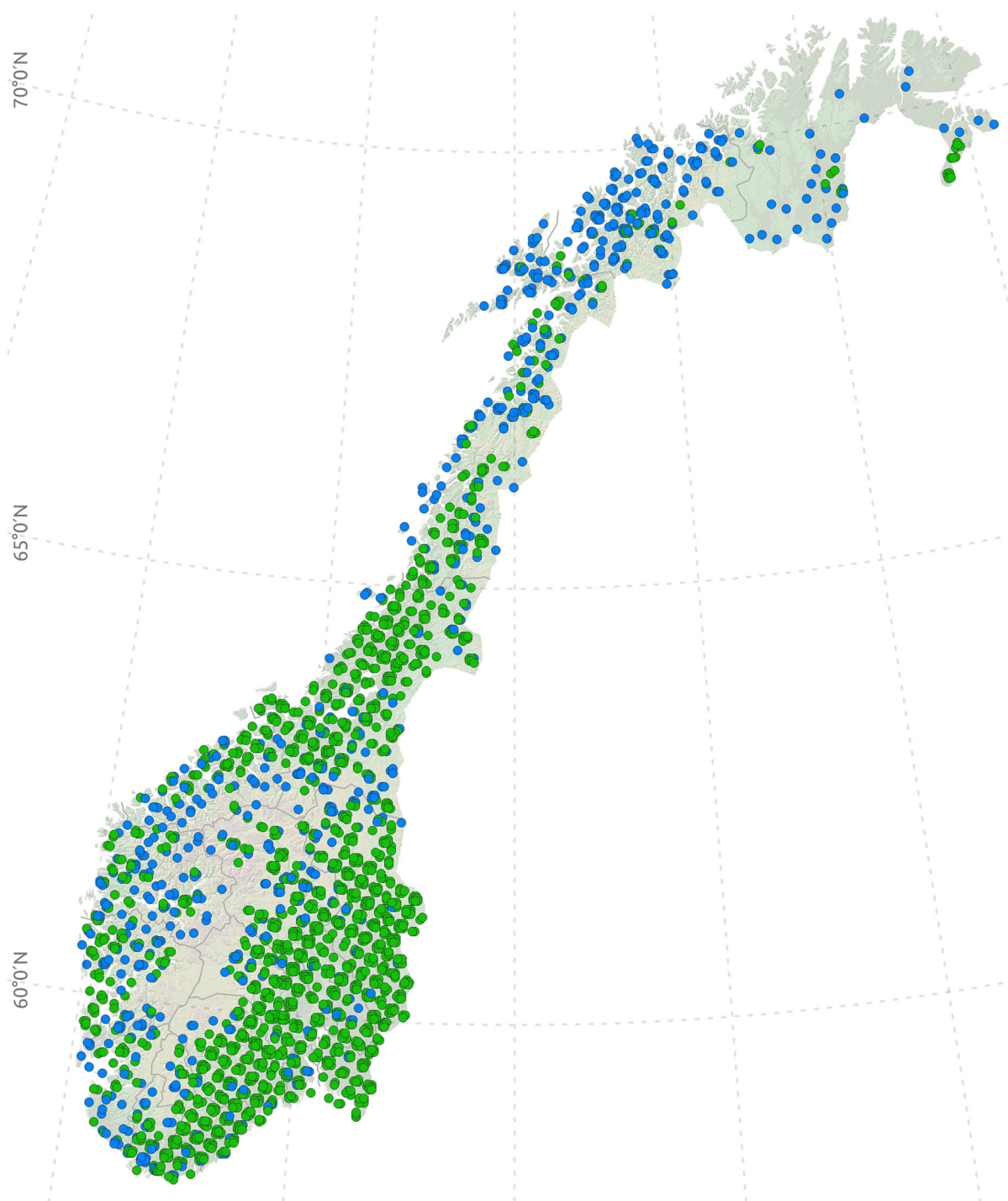
1.2.1 Overvåkingsflater

I Norge er det Landsskogtakseringen som årlig utfører den landsrepresentative skogovervåkingen. Overvåkingen utføres på permanente prøveflater med et fast areal på 250 m². Prøveflatene ligger i skog i forband på 3x3 km (barskogen i lavlandet), 3x9 km (fjellskogen) og 9x9 km (bjørkeskogen i Finnmark) og oppsøkes med femårige omdrev, slik at de samme flatene inngår i overvåkingen hvert 5. år. Flatene representerer et tilfeldig utvalg av Norges skoger. De 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. Antall flater varierer noe fra år til år grunnet Landsskogtakseringens registreringsmetodikk med femårige omdrev (Viken 2019).

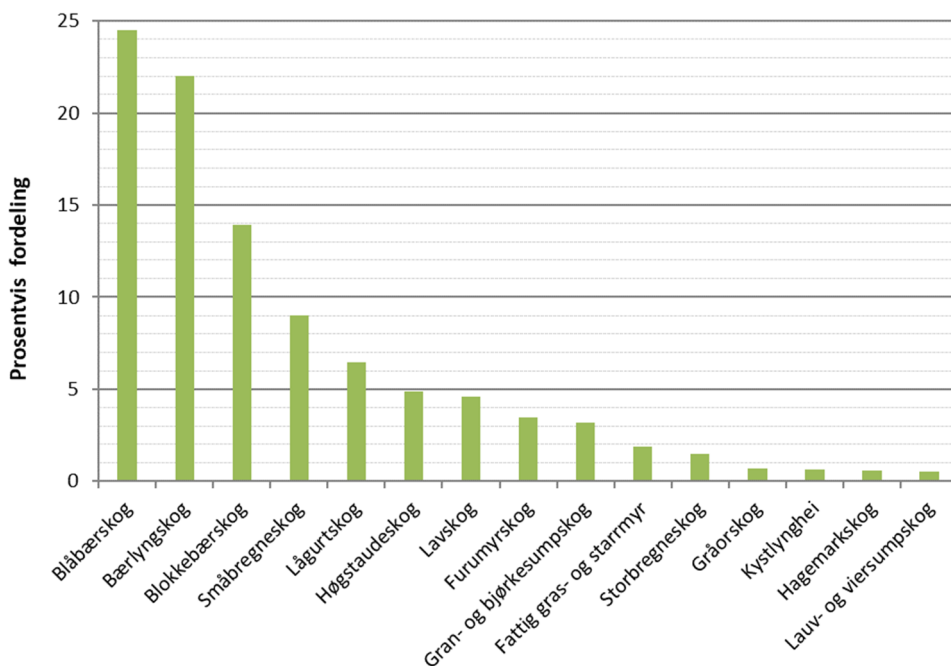
I alt 2 568 prøveflater inngikk i den landsrepresentative skogovervåkingen i 2019 (Figur 2). De aller fleste av disse flatene (2 526=98 %) er de samme som inngikk i overvåkingen i forrige takstomdrev i 2014. De resterende 2 % av flatene er enten avvirket eller har fått en annen arealbruk enn skog. I 2019 lå 43 % av flatene på Østlandet, 24 % på Sør- og Vestlandet, 16 % i Trøndelag og 17 % i de tre nordligste fylkene. 59 % av flatene lå under 400 moh., 33 % mellom 400 og 800 moh., mens 8 % lå over 800 moh. De vanligste skogtypene var blåbær-, bærlyng- og blokkebærskog, der til sammen 60 % av flatene var lokalisert (Figur 3). Gran og/eller furu forekom på 1 863 flater fordelt over hele landet, mens det på 705 flater vokste bare andre treslag. På de aller fleste flatene (97 %) vokste 1–3 treslag, mens på bare 3 % av flatene fantes 4–6 treslag. Bjørk var det dominerende treslaget på 868 flater, gran på 822 og furu på 690 flater. Antall trær varierte fra 1 til 51 på flatene. På 2 356 prøveflater (92 %) var det 3 eller flere trær, og gjennomsnittlig var det 7 trær pr. flate. Registreringene på prøveflatene startet

⁵ UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), Working Group on effects (WGE), FOREST EUROPE, Convention on Biological diversity (CBD), UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), UN FAO Forest Resources Assessments (FRA).

2. mai og ble avsluttet 10. oktober i 2019. De fleste flatene ble oppsøkt i tidsrommet juni–august (77 %), 6 % i mai og 17 % i september–oktober.



Figur 2. Beliggenheten av prøveflatene i den landsrepresentative overvåkingen i Norge i 2019. Grønne symboler: Flater med gran og/eller furu der både kronebedømmelse og skaderegistreringer ble utført. Blå symboler: Flater med andre treslag der kun skaderegistreringer ble utført.



Figur 3. Prosentvis fordeling av prøveflater på de vanligste vegetasjonstypene i 2019.

1.2.2 Registreringer

Skogens vekst og helsetilstand bestemmes i stor grad av et samspill mellom jordsmonn, høyde over havet, breddegrad, trærnes alder, klima, skadegjørere og andre naturlige eller menneskeskapt stressfaktorer. Unaturlig sterkt nåle- eller bladtap og misfarging i trekrona blir vanligvis tolket som et symptom på stress. Trærnes kronetetthet (og farge) brukes derfor ofte som indikator på skogens helsetilstand. Når dette kombineres med registreringer av synlige skader og deres årsaker, vil man bedre kunne forklare variasjoner i skogens helsetilstand. Dessuten vil registreringer av skader og årsaksforhold over tid kunne gi et bilde av utbredelse, forekomst og skadelige virkninger av insekter, sopp, klimatiske forhold, luftforurensning og andre faktorer som påvirker skogene i Norge.

I den landsrepresentative overvåkingen registreres kronetetthet, kronefarge og biotiske og abiotiske skader. Kronetetthet og -farge bedømmes på alle høyde-/prøvetrær på flatene (kun gran og furu) som velges ut med relaskop. Det blir dermed et utvalg av trær som representerer kronetilstanden på flatene. Kronebedømmelse ble i 2019 utført på 5 811 grantrær (*Picea abies*) og 4 721 furutrær (*Pinus sylvestris*) på 1 863 prøveflater. I tillegg anslås gran- og furutrærnes alder.

Biotiske og abiotiske skader har blitt registrert på gran, furu og bjørk etter ICP Forests manualen siden 2005 (UNECE 2016). Fra og med 2013 er skader registrert på alle treslag som forekommer på prøveflatene. I teksten og figurene presenteres detaljerte skadeoversikter for gran, furu og bjørk, mens andre løvtrær presenteres som én gruppe (heretter kalt «andre løvtrær»). Resultater for andre bartrær enn gran og furu framstilles ikke fordi det er få trær i denne gruppa.

Det ble gjennomført skaderegistreringer på i alt 19 253 trær i 2019 fordelt på mer enn 25 ulike treslag. Skaderegistrering ble utført på 5 829 gran- og 4 732 furutrær, på 199 andre bartrær (for det meste sitkagran, *Picea sitchensis*), 6 829 bjørketrær (*Betula pubescens* og *B. pendula*) og 1 646 andre løvtrær. Andre løvtrær bestod først og fremst av gråor (*Alnus incata*, 433 trær), rogn (*Sorbus aucuparia*, 318 trær), selje (*Salix caprea*, 228 trær), osp (*Populus tremula*, 208 trær) og eik (*Quercus petraea* og *Q. robur*, 158 trær). Det registreres bare ett skadetilfelle/symptom pr. tre; dersom et tre har flere skader registreres den som har størst betydning for treets tilstand. Årsaker til at skader har oppstått blir, så langt det lar seg gjøre, fastslått i felt. Grunnet Landsskogtakseringens femårige

omdrev kan noen av de registrerte skadene være opptil 5 år gamle. Også for døde trær er det vanskelig å fastslå nøyaktig når de døde i løpet av denne femårsperioden.

I tillegg til skaderegistreringer på enkelttrær på prøveflatene, utfører Landsskogtakseringen også registreringer av skogskader på bestandsnivå.

Registreringsmetodikken for alle parameterne som inngår i den landsrepresentative skogovervåkingen er utførlig beskrevet i Landsskogtakseringens feltinstruks (Viken 2019), i ICP Forests' manual (UNECE 2016) og i tidligere rapporter (f. eks. Timmermann m. fl. 2012).

1.3 Resultater

1.3.1 Kronetetthet

Kronetetthet i 2019

Gjennomsnittlig kronetetthet i 2019 var 84,0 % for gran og 86,5 % for furu. Dette representerer en liten nedgang på 0,3 og 0,2 %-poeng for hhv. gran og furu sammenlignet med kronetettheten i 2018 (Figur 4).

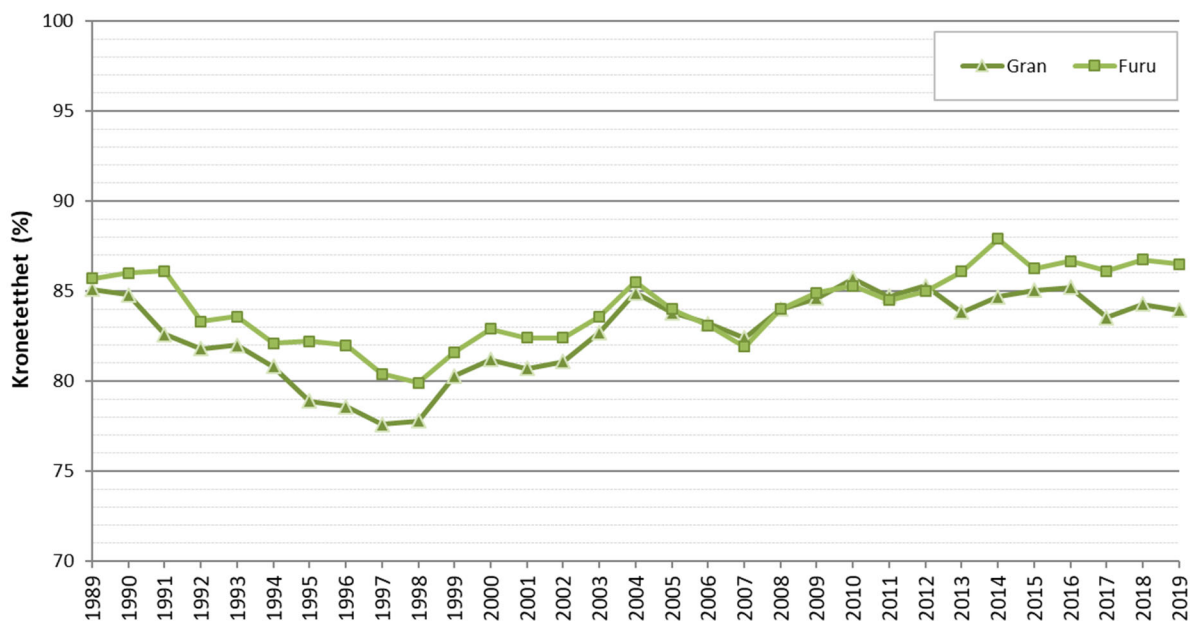
Hos begge treslagene sank prosentandelen trær med fulltett krone (kronetetthet ≥ 90 %) i forhold til 2018. Hos gran var prosentandelen 46,8 % og hos furu 45,8 % (Tabell 1). Prosentandelen trær med svakt redusert kronetetthet (75–89 %) var 33,2 % for gran og 42,6 % for furu, som er en økning hos begge treslagene sammenlignet med 2018. Andelen trær med moderat redusert kronetetthet (40–74 %) økte, mens andelen med sterkt redusert kronetetthet (≤ 40 %) minket hos både gran og furu. Det var som i tidligere år flere gran- enn furutrær med sterkt redusert kronetetthet.

Tabell 1. Prosentandel trær i kronetetthetsklasser i 2019 (endringer fra året før i parentes).

	Gran	Furu
0 Fulltett krone (≥ 90 %)	46,8 (-3,5)	45,8 (-1,8)
1 Svakt redusert krone (75–89 %)	33,2 (2,4)	42,6 (1,3)
2 Moderat redusert krone (40–74 %)	16,6 (1,3)	10,6 (0,5)
3 Sterkt redusert krone (< 40 %)	3,4 (-0,2)	1,0 (-0,1)

Utvikling over tid

Utviklingen i gjennomsnittlig kronetetthet over tid viser nokså parallelle forløp for gran og furu fra 1998 til 2012 med omtrent lik kronetetthet mellom 2005 og 2012 (Figur 4). I 2013 endret dette seg etter en relativt kraftig nedgang i kronetetthet for gran og en oppgang for furu. Kronetetthet for furu har siden 2015 holdt seg relativt stabilt på et høyt nivå. Kronetetthet for gran har hatt en svak årlig forbedring fra 2013 til 2016, men sank i 2017 til det laveste nivået siden 2007, før den forbedret seg igjen i 2018 (nedgangen i 2019 var minimal). Gran hadde den høyeste kronetettheten i hele overvåkingsperioden i 2010, furu 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 6,4 %-poeng og hos furu med 6,6 %-poeng. Gjennomsnittlig kronetetthet for hele overvåkingsperioden (1989–2019) er 82,7 % for gran og 84,1 % for furu.



Figur 4. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet for gran og furu i den landsrepresentative overvåkingen 1989–2019.

Trærnes alder og dens betydning for kronetetthet

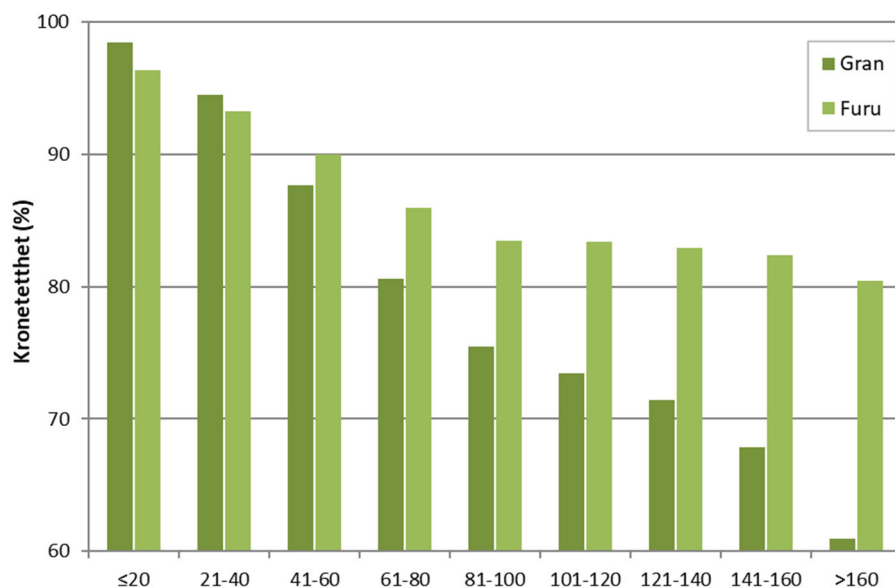
Høy alder på trærne påvirker vanligvis kronetettheten negativt, særlig hos gran (Figur 5). I 2019 var drøyt halvparten (53 %) av de kronebedømte grantrærne 60 år eller yngre, og 26 % mellom 61 og 100 år, mens andelen gamle trær over 100 år var 21 %. Gjennomsnittsalderen for alle grantrær som ble overvåket var 70 år i 2019. De to eldste grantrærne var ca. 245 år gamle og ble registrert i hhv. Telemark og Nord-Trøndelag. De var preget av moderat redusert kronetetthet, men ikke av misfarging tross meget høy alder.

Furu har en annen og jevnere aldersfordeling. Mindre enn en tredjedel (31 %) av de kronebedømte furutrærne var 60 år eller yngre, og 30 % mellom 61 og 100 år, mens 39 % var over 100 år. 6 % av furutrærne som ble overvåket i 2019 var mer enn 160 år gamle, mens bare 2 % av grantrærne kom i samme aldersklasse. Gjennomsnittsalderen for alle overvåkede furutrær var 90 år på landsbasis, altså 20 år høyere enn for gran. Det eldste furutreet i 2019 ble registrert i Troms og var anslagsvis mer enn 330 år gammelt, med fulltett krone og bare svak misfarging.

Eldre trær har som nevnt generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2019 for gran på 60 år og yngre var 91,0 %, mens den for gran eldre enn 60 år var 75,1 % – altså 15,9 %-poeng lavere. For furu var forskjellen i kronetetthet mellom yngre (91,4 %) og eldre (83,6 %) trær ikke så markant (7,8 %-poeng), og eldre furutrær hadde gjennomsnittlig høyere kronetetthet enn eldre grantrær. Sett i forhold til resultatene i 2018 gikk kronetettheten svakt ned i begge aldersgrupper hos gran og blant de eldre trærne hos furu, mens den var uforandret hos de yngre furutrærne.

Deler vi inn trærne i aldersklasser på 20 år, ser vi at kronetettheten faller jevnt med økende alder hos både gran og furu (Figur 5). Dette kommer dels av at økt alder reduserer vitaliteten, men også av økt konkurranse med høyere tetthet (volum/ha) og økt konkurranse om næringsstoffer og lys.

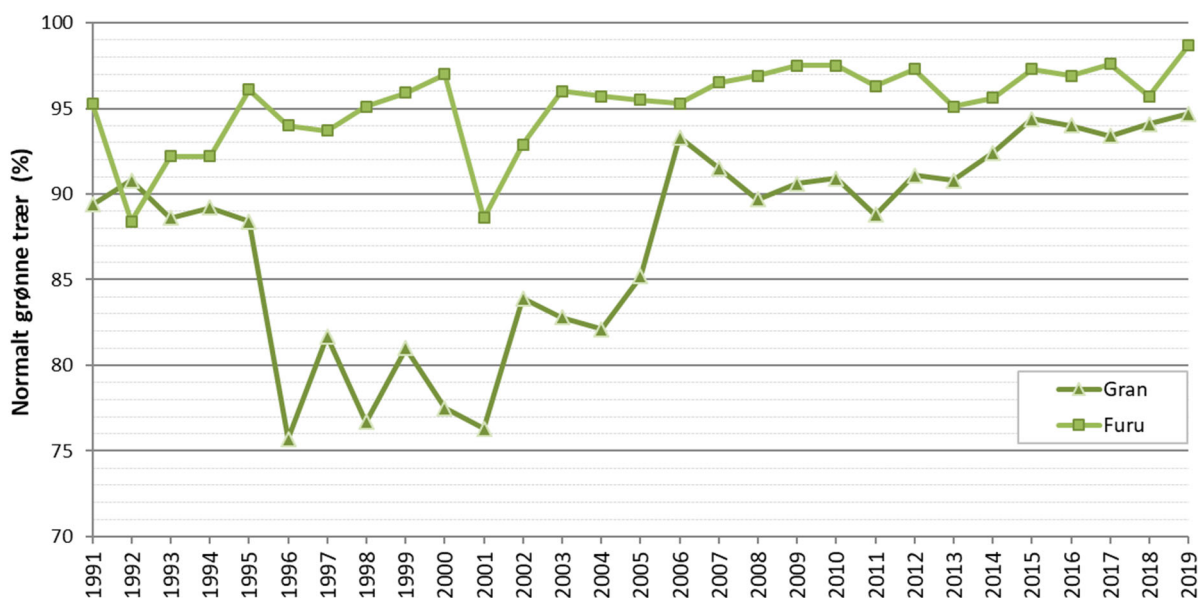
Kronetettheten er likevel meget stabil hos furu med økende alder, og selv de eldste trærne (>160 år) har en gjennomsnittlig kronetetthet på litt over 80 %. Kronetettheten indikerer dermed en generell god helsetilstand hos furu, også for trær eldre enn 100 år. Hos gran derimot faller kronetettheten jevnt med økende alder, og de eldste grantrærne (>160 år) hadde nesten 20 %-poeng lavere kronetetthet enn furutrærne i samme aldersklasse i 2019.



Figur 5. Gjennomsnittlig kronetetthet i ulike aldersklasser for gran og furu i 2019.

1.3.2 Misfarging

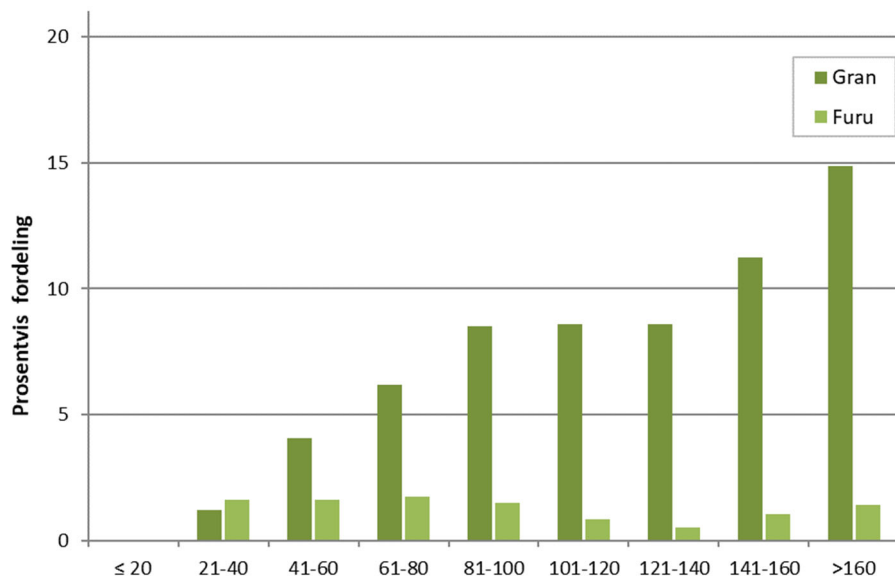
Det var generelt lite misfarging hos både gran og furu i 2019 (Figur 6). 95 % av alle grantrærne var normalt grønne (0–10 % misfarging), mens 99 % av furutrærne var normalt grønne i 2019. Det var en bedring i forhold til 2018 for begge treslagene. Svært få trær hadde sterk misfarging (mer enn 60 %) i 2019.



Figur 6. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging) hos gran og furu 1991–2019.

Misfarging har blitt registrert etter samme metode siden 1991. Utviklingen over tid viser at gran hadde lite misfarging i perioden 1991–1995, mens perioden 1996–2005 var preget av stor grad av misfarging (Figur 6). Siden 2006 har det vært lite misfarging hos gran med rundt 90 % normalt grønne trær hvert år. Furu har generelt hatt lite misfarging i hele overvåkingsperioden.

Hos gran var det først og fremst trær eldre enn 60 år som hadde misfarget bar, men selv hos trær eldre enn 160 år var det bare 15 % som hadde noe misfarging av betydning (Figur 7). Hos furu var det ikke store forskjeller mellom aldersgruppene i andelen trær med misfarging, og selv hos de eldste furutrærne (>160 år) var det bare 1 % som hadde noe misfarging av betydning.



Figur 7. Prosentandel trær med misfarging (>10 % misfarging) i ulike aldersklasser hos gran og furu i 2019.

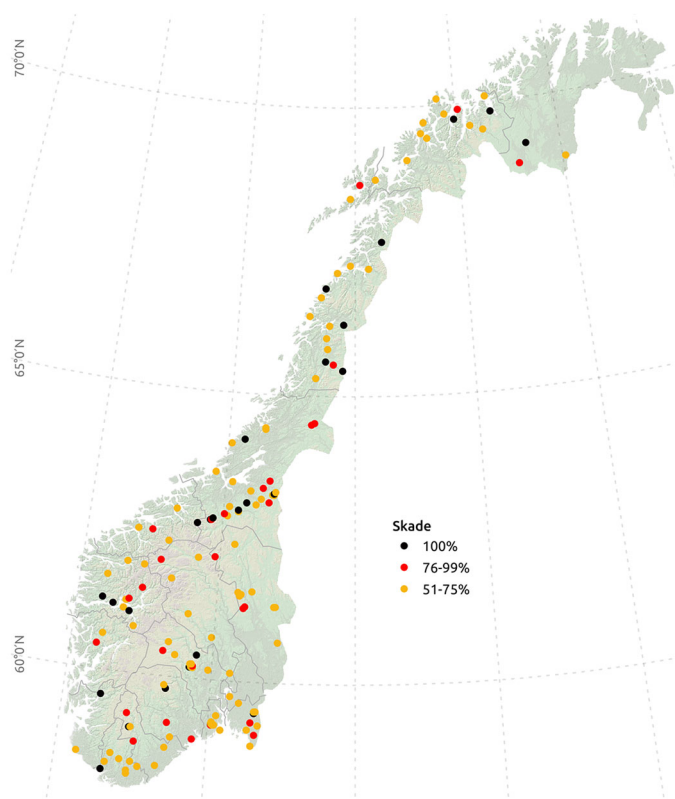
1.3.3 Skader

Skaderegistreringer 2019

I 2019 ble skaderegistreringer utført på 2 568 prøveflater (se Figur 2). På 43 % av flatene ble det registrert ett eller flere skadde trær.

Av de i alt 2 356 flater med minst 3 trær var det bare 6 % av flatene der mer enn halvparten av trærne var skadd. På 1 % av disse flatene hadde alle trær en eller annen form for skade (Figur 8).

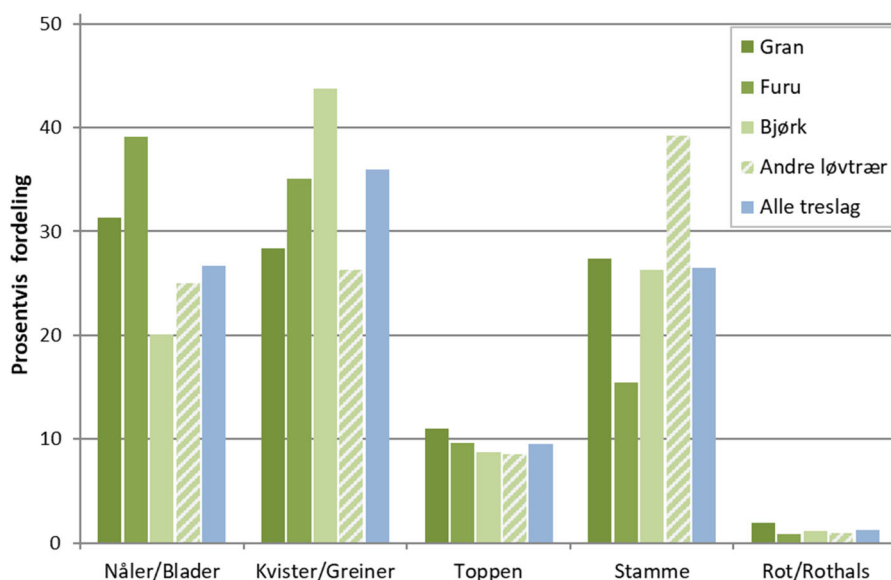
I alt 19 253 trær inngikk i skaderegistreringen, hvorav 2 402 (12,5 %) hadde en eller annen form for skade. Det ble registrert skader på 610 grantrær (10,5 %), 376 furutrær (7,9 %), 1 087 bjørketrær (15,9 %) og 316 andre løvtrær (19,2 %) i 2019. Hos de vanligst forekommende løvtreslagene på prøveflatene utenom bjørk, ble det registrert mest skader på eik (29 %), selje (29 %), rogn (21 %), gråor (18 %) og osp (13 %). Det ble også registrert skader på nesten halvparten (46 %) av de undersøkte asketrærne, men det er generelt få asketrær som inngår i overvåkingen (35 stk. i 2019).



Figur 8. Flater som hadde størst andel skadde trær i 2019 (flater med minimum 3 trær).

Skadet del av treet

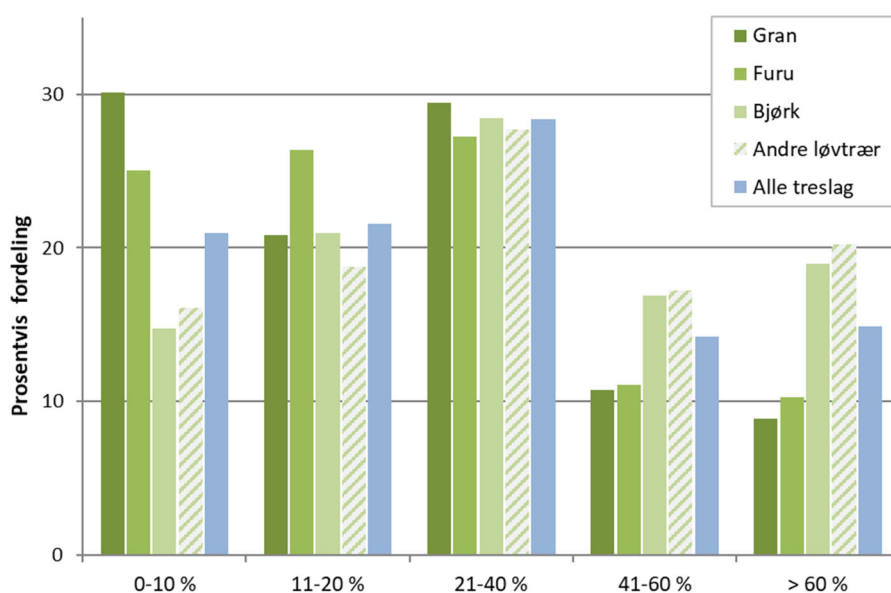
Hos de skadde gran- og furutrærne var det først og fremst nåler (hhv. 31 og 39 %) som var skadet (Figur 9), fulgt av skader på kvister og greiner (hhv. 28 og 35 %) og stamme (hhv. 27 og 15 %). Hos bjørk ble 44 % av skadene observert på kvister og greiner, 26 % på stammen og 20 % på bladene. Andre løvtrær hadde mest skader på stammen (39 %), mens 26 % av skadene var på kvister/greiner og 25 % på bladene. Det ble generelt registrert få skader på tretopper eller toppskudd og rot eller rothals.



Figur 9. Prosentvis fordeling av skader på de ulike delene av trærne registrert i 2019.

Skadeomfang

I gjennomsnitt for alle treslag hadde 42 % av de registrerte skadene bare et lite omfang i krona (≤ 20 % av krona skadet), 43 % hadde et moderat omfang (21-60 % av krona skadet), mens det var relativt få skader (15 %) som hadde et stort omfang (>60 % av krona skadet). Hos gran hadde 9 % av skadene et stort omfang, hos furu 10 % (Figur 10). Hos bjørk og andre løvtrær hadde en større andel av skadene et stort omfang i kronene (hhv. 19 % og 20 %).



Figur 10. Prosentvis fordeling av skadeomfanget pr. treslag registrert i 2019.

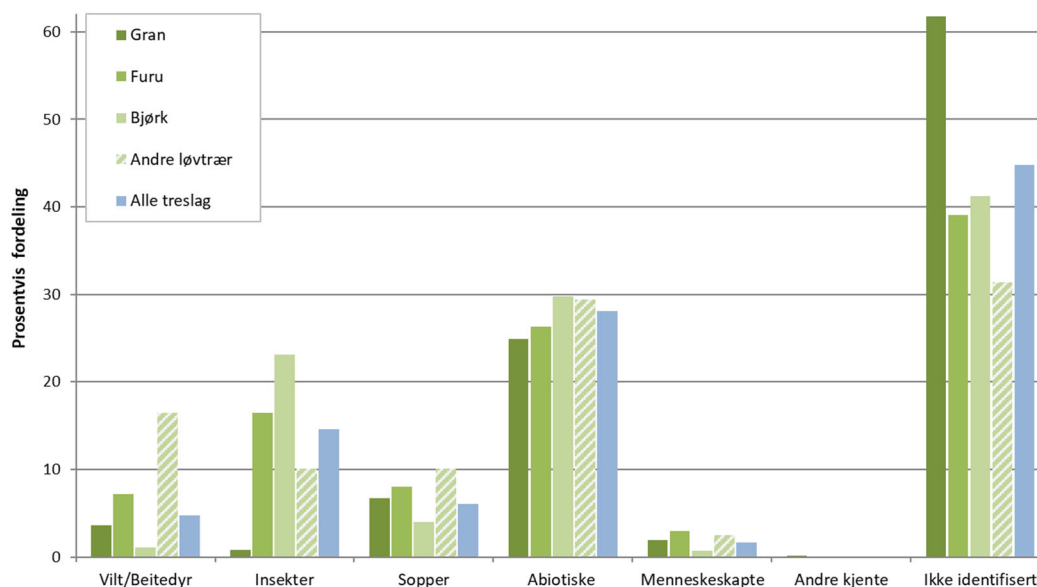
Skadeårsaker

Gran: Av de skadde grantrærne var 25 % skadet av abiotiske faktorer med snø (snøbrekk), vind, tørke og frost som de viktigste årsakene. Sopper (nesten bare granrustsopp) forårsaket 7 % av skadene, vilt og beitedyr 4 % og insekter knapt 1 % (Figur 11). Abiotiske skader dominerte i alle landsdeler, men særlig på Sørlandet. På Vestlandet var det dessuten mange skader forårsaket av vilt og beitedyr. En vesentlig andel av skadene på gran lot seg ikke identifisere i felt, særlig i Midt- og Nord-Norge og på Østlandet.

Furu: Også hos furu var den viktigste skadeårsaken som ble observert i 2019 abiotiske faktorer med snø, tørke og vind som de viktigste årsakene, og som sto for 26 % av skadene. Tre furutrær på prøveflatene ble skadet av brann. Nesten alle insektskader skyldtes furubarvepsangrep i Østfold, og totalt var 16 % av skadene forårsaket av insekter. Sopper (utelukkende tyritoppsopp) forårsaket 8 % av skadene. Vilt og beitedyr utgjorde 7 % av skadene. Abiotiske skader dominerte på Sørlandet, mens soppangrep på furu var vanligst i Nord-Norge.

Bjørk: Skader med abiotiske årsaker utgjorde 30 %, og de fleste av disse skyldtes snø (snøbrekk), tørke og vind. Angrep av bjørkemålere gikk tilbake sammenlignet med 2017 og 2018, og da særlig på Sør- og Østlandet og i Midt-Norge. Likevel preget bjørkemålerangrep fortsatt skadebildet i bjørkeskogen i 2019 med en andel på 23 % av skadene på landsbasis. Sopper var ansvarlige for bare 4 % av skadene, og bjørkerustsoppangrep var nesten fraværende i 2019. Abiotiske skader på bjørk dominerte særlig på Sørlandet, men var også vanlige på Øst- og Vestlandet.

Andre løvtrær: Hos de andre løvtrærne hadde 29 % av skadene abiotiske årsaker, med snø, tørke og vind som de viktigste enkeltfaktorene, og disse var mest framtrepende på Sør- og Østlandet. Vilt og beitedyr forårsaket 16 % av skadene og var et problem for løvtrærne særlig i Nord-Norge, mens sopp og insekter sto for 10 % av skadene hver. Insektskader var mest framtrepende i Midt-Norge. Askeskuddsyken var den vanligste sopprelaterte skaden på Øst- og Vestlandet. Tørkeskader var den hyppigst registrerte skadeårsaken hos eik på Østlandet. Hos rogn og selje ble det registrert flest skader av hjortedyr først og fremst i Nord-Norge, mens gråor og osp for det meste hadde uspesifikke skader som ikke lot seg identifisere i felt.



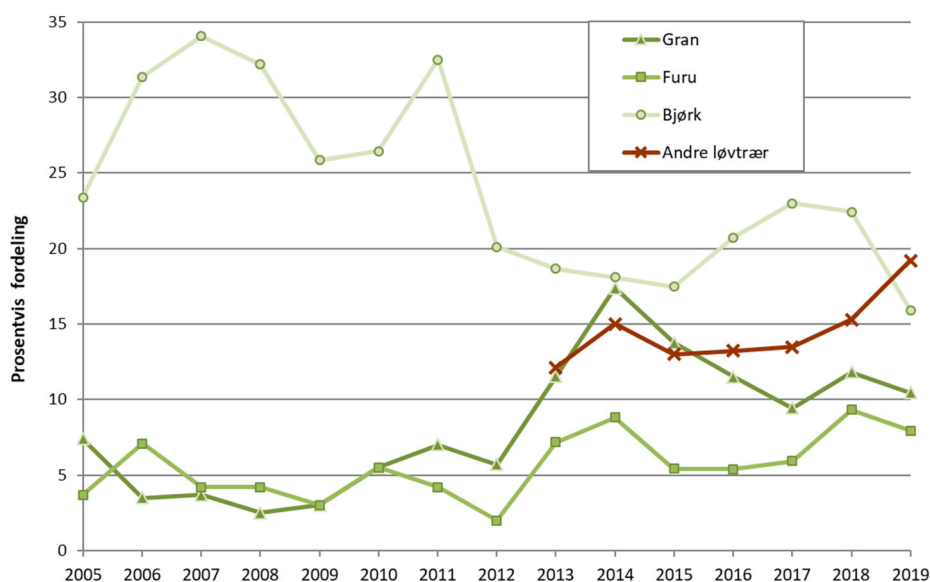
Figur 11. Prosentvis fordeling av grupperte skadeårsaker registrert i 2019.

For alle treslag sett under ett ble det registrert flest skader forårsaket av abiotiske faktorer (28 %), fulgt av insekter (15 %), sopp (6 %), vilt og beitedyr (5 %) og menneskelige faktorer (mindre enn 2 %), mens for 45 % av skadene kunne årsakene ikke identifiseres i felt. For alle treslag var andelen uidentifiserte skadeårsaker 13 %-poeng høyere enn i 2018, og vesentlig høyere for gran (62 %) enn for de andre treslagene. Hos bjørk nesten fordoblet denne andelen seg til 41 %. Minst, men likevel betydelig, var andelen uidentifiserte skadeårsaker hos andre løvtrær (31 %). En stor del av de uidentifiserte skadene skyldes observasjoner av nokså uspesifikke symptomer, som f. eks. døde eller knekte greiner, kvister og toppskudd, som er vanskelig å tilordne en bestemt årsak. Hos bjørk er det rimelig å anta at en stor andel av uidentifiserte skader på blader og greiner er forårsaket av målere, men uten at det med sikkerhet har blitt fastslått i felt. Knekte eller døde greiner kan også skyldes for eksempel snøbrekk eller vindpåvirkning.

Skadeutvikling over tid

Hos gran gikk skadenivået ned i 2019 sett i forhold til 2018 (Figur 12). Angrep av granrustsopp fortsatte å minke i 2019, det samme gjorde abiotiske skader relatert til snø (-brekk) og tørke, mens det var en økning i stormskader.

Skadenivået hos furu gikk også ned i 2019. Forekomsten av abiotiske skader ble halvert i forhold til 2018, mens insektskader (forårsaket av furubarveps) firedoblet seg.



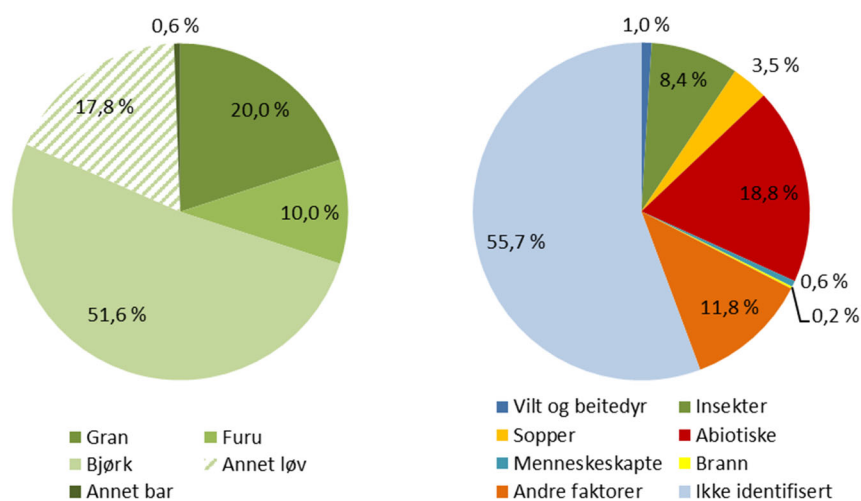
Figur 12. Utvikling i samlet skadefrekvens hos gran, furu og bjørk 2005–2019 og hos andre løvtrær 2013–2019.

Bjørk har i de fleste årene siden 2005 hatt et betydelig høyere skadenivå enn gran og furu (Figur 12). Antall skader økte i 2016 og 2017 etter noen stabile år, men gikk noe ned i 2018 og falt kraftig i 2019 til det laveste nivået siden skaderegistreringene startet i 2005. Antall registrerte målerskader ble halvert i forhold til 2018. De ellers så vanlige bjørkerustsoppangrepene var nesten fraværende i 2019, og antall abiotiske skader ble også redusert.

Skadenivået hos andre løvtrær økte derimot kraftig i 2019 og var på det høyeste nivået siden skaderegistreringene på disse løvtrærne startet i 2013 (Figur 12). Hos disse løvtrærne var det en økning av skader forårsaket av vilt/beitedyr, insekter og sopper sammenlignet med 2018, mens det var en nedgang av abiotiske skader. Siden 2013 har det aldri blitt registrert et høyere skadenivå for de 5 vanligste løvtreslagene eik, gråor, osp, rogn og selje enn i 2019, og hos eik ble det registrert en tredobling i andel skader sammenlignet med tidligere år. Hos eik økte også andelen abiotiske skader betraktelig, og det ble registrert vesentlig flere tørkerelaterte skader i 2019 enn i tidligere år.

Døde trær

Mer enn halvparten (52 %) av trærne som hadde dødd på Landsskogtakseringens prøveflater siden forrige registrering på de samme flatene i 2014 var bjørketrær, 20 % grantrær, 18 % var andre løvtrær (for det meste gråor, rogn, selje og osp) og 10 % furutrær (Figur 13, venstre). Den samlet sett viktigste årsaken som førte til trærns død var abiotiske faktorer (19 %), først og fremst snø og tørke (Figur 13, høyre). Undertrykte trær (andre faktorer) som døde utgjorde 12 %. Deretter var det insekter (8 %) og sopper (4 %) som forårsaket trærnes død. For mer enn halvparten av de døde trærne kunne dødsårsaken ikke fastslås med sikkerhet. Den viktigste enkeltårsaken til at grantrær døde var tørke, etterfulgt av granbarkbiller. Hos furu var det snø som forårsaket flest døde trær. Hos bjørk var det hovedsakelig målere og snøbrekk som tok livet av trærne. Dødsårsaken hos andre løvtrær lot seg som oftest ikke identifisere i felt. Men av de identifiserte årsakene var det først og fremst tørke og snø som tok livet av andre løvtrær.



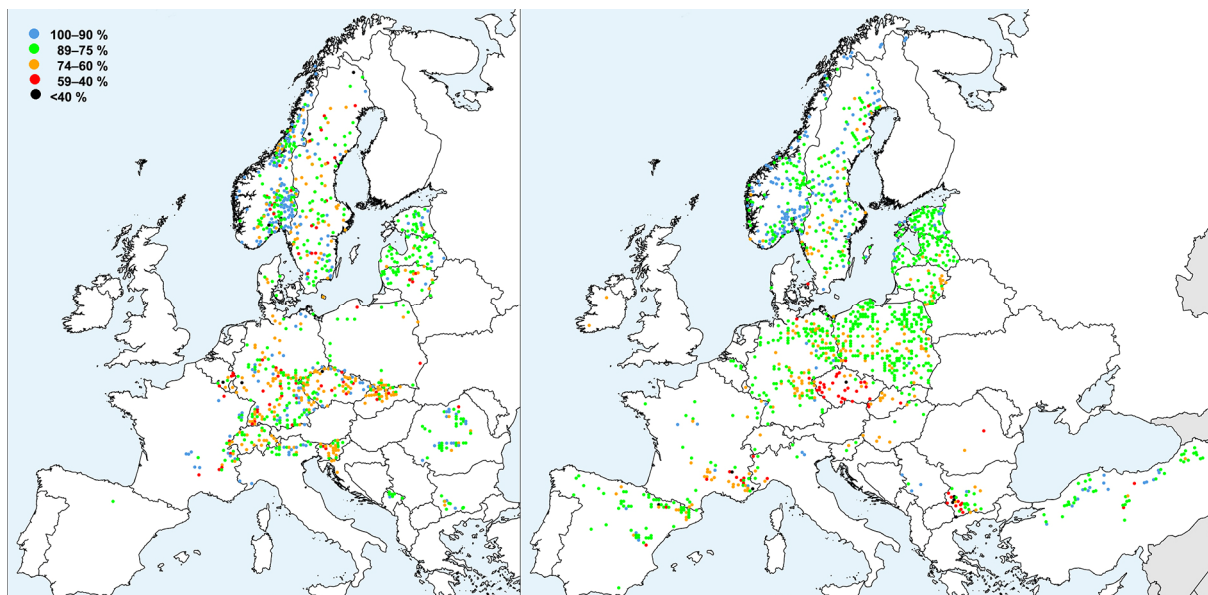
Figur 13. Trær på Landsskogtakseringens prøveflater som har dødd siden 2014. Prosentvis fordelt på treslag (venstre) og dødsårsak (høyre).

1.4 Diskusjon

Utvalget av flater og trær som inngår i overvåkingen varierer fra år til år som følge av Landsskogtakseringens metodikk der hver flate oppsøkes hvert femte år. Dermed kan både antall og alder av overvåkingstrærne variere fra år til år, og det kan i tillegg være variasjoner i antall trær pr. landsdel. Over tid vil likevel trender i utviklingen av kronetetthet bli tydelige i og med at de samme flatene og de samme trærne inngår i overvåkingen hvert 5. år (med unntak av flater og trær som har blitt avvirket, stormfelt o.l.). I 2019 var 98 % av prøveflatene de samme som i 2014. Metodikken gjør også at noen av de registrerte skadene kan være opptil 5 år gamle. Det er likevel for de fleste skadene mulig å skille mellom årets og eldre skader ved å kombinere årsak med symptomer og skadet del (jf. kap. 4.3.2). Hos løvtrærne vil skader på blader opplagt stamme fra inneværende sesong, det samme gjelder skader som er registrert på årets nåleårgang hos bartrærne.

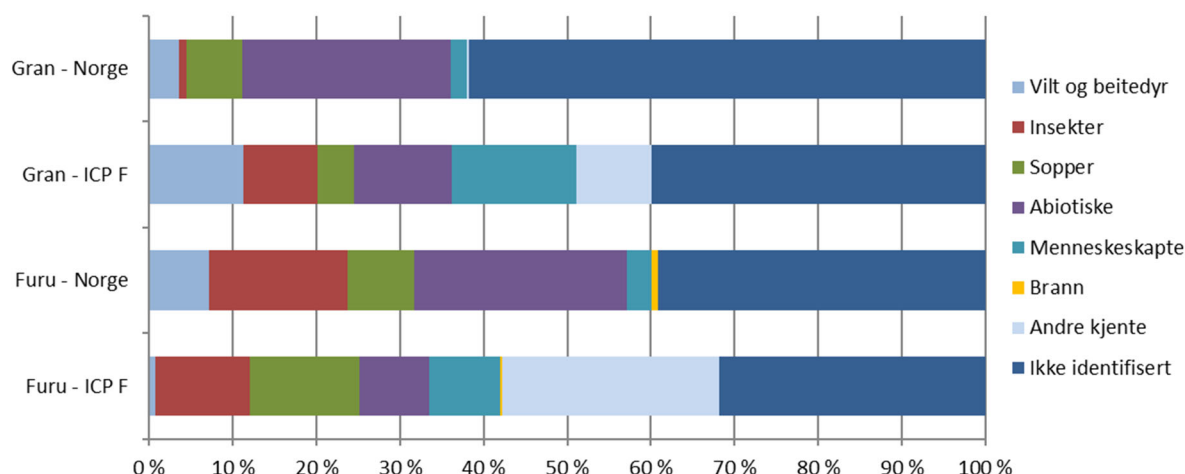
Det ble registrert en nedgang i kronetetthet hos gran og furu som kan være relatert til den omfattende tørken i Sør-Norge i 2018, men nedgangen er såpass liten at den kan skyldes tilfeldig variasjon, og det ble heller ikke registrert mange tørkerelaterte skader hos bartrærne. Derimot var de fleste skadene hos eik forårsaket av tørke, som kan være en langtidseffekt etter tørken året før. Det høye skadenivået på eik som ble registrert i 2019 er generelt urovekkende, og utviklingen hos våre eikearter bør følges ekstra nøye framover. Ask er truet av askeskuddsyken (se kap. 8), men det er for få asketrær som inngår i den landsrepresentative overvåkingen til å kunne trekke noen slutninger fra dette datasettet.

Både gran og furu finnes i de fleste europeiske land og utgjorde hhv. 12 og 17 % av treantallet på ICP Forests' Level I flater i 2019 (Timmermann m. fl. 2020, Figur 14). Grunnet den store geografiske utbredelse og til dels vide økologiske nisjer, vil disse artene stå overfor svært forskjellige utfordringer mht. klima og skadelige sopp- og insektarter.



Figur 14. Forekomsten av gran (*Picea abies*, venstre) og furu (*Pinus sylvestris*, høyre) på ICP Forests Level I flater i 2019 (kart etter Timmermann m. fl. 2020). Fargene på symbolene indikerer gjennomsnittlig kronetetthet på hver flate (legende øverst til venstre).

Fordelingen av skadeårsaker tyder på at det er forskjeller mellom Norge og andre europeiske land i hvilke skadegjørere som har størst betydning for helsetilstanden hos gran og furu (Figur 15). Mens en fjerdedel av gran- og furutrærne i Norge var skadd av abiotiske faktorer som snø, vind og tørke, hadde bare 12 % av grantrærne og 8 % av furutrærne på ICP Forests Level I flater i andre europeiske land skader med abiotiske årsaker (Timmermann m. fl. 2020). Det ble registrert en større andel soppangrep på gran i Norge enn ellers i Europa, mens det for furu var motsatt. Både insektangrep og skader av vilt/beitedyr på gran var mye vanligere på ICP Forests flatene i andre land i Europa enn i Norge, mens det for furu ble registrert en høyere andel av begge i Norge enn ellers i Europa. Andre faktorer som konkurranse mellom trærne (om lys, næring og kronerom) i tette bestand og menneskelig aktivitet hadde langt større betydning for helsetilstanden til gran og furu i det europeiske Level I nettet enn tilfellet var i Norge. Andelen uidentifiserte skadeårsaker på ICP Forests Level I flater var også vesentlig høyere for gran enn for andre treslag, men var likevel lavere ellers i Europa enn i Norge (Timmermann m. fl. 2020, Figur 15). Det er nok flere årsaker til at andelen uidentifiserte skader, og da særlig for gran, er såpass høy: Dels blir nokså uspesifikke symptomer observert og registrert, som i felt er vanskelig å tilordne en bestemt årsak. Dels trenger man ofte eksperter eller trente patologer/entomologer for å kunne identifisere spesifikke skader. Kunnskapsnivået blant feltarbeiderne varierer nok innen land og mellom land. Generelt vil opplæring gjennom kurs i skadebestemmelse ledet av eksperter kunne forbedre kunnskapen om skadegjørere hos feltarbeiderne. Uten informasjon om hvilke faktorer som påvirker trærnes helse vil det være vanskelig å tolke resultatene fra kronebedømmelsen.



Figur 15. Prosentvis fordeling av skadesymptomer på gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*) i den landsrepresentative skogovervåkingen i Norge og på ICP Forests Level I flater i 2019 (data for ICP Forests fra Timmermann m. fl. 2020).

Litteraturreferanser

- Köhl, M. & San-Miguel-Ayanz, J. 2015. Criterion 2: Maintenance of Forest Ecosystem Health and Vitality. In FOREST EUROPE 2015: State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Michel, A., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2020. Forest condition in Europe: 2020 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 *in prep*.
- Timmermann, V., Andreassen, K. & Hysten, G. 2012. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2011. Rapport fra Skog og landskap 11/12: VIII, 26 s.
- Timmermann, V., Potočić, N., Ognjenović, M. & Kirchner, T. 2020. Tree crown condition in 2019. In: Michel, A., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2020. Forest condition in Europe: 2020 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 *in prep*.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2016. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2016. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Viken, K.O. 2019 Landsskogtakseringens feltinstruks – 2019. NIBIO BOK 2019: 156 s + vedlegg.

2 Skogøkologiske analyser og målinger av luftkjemi på de intensive overvåkingsflatene

Volkmar Timmermann, Kjell Andreassen, Nicholas Clarke (NIBIO), Wenche Aas og Sverre Solberg (NILU)

2.1 Innledning

På de intensive skogovervåkingsflatene (ICP Forests Level II) i Norge går man mer i dybden med analyser av skogøkologiske forhold og økosystemprosesser, som sammen med registrering av kronetilstand bidrar til en bedre forståelse av de enkelte stressfaktorens betydning for skoghelsen. De norske flatene er en del av ICP Forests' Level II nettverk med totalt ca. 500 flater i mange land i Europa. Det europeiske overvåkingsprogrammet framskaffer viktige data for karbonbudsjetter, om biomangfold, grunnvannskvalitet, næringssykluser og klimaendringens innvirkning på skogene. Våre norske data rapporteres årlig til ICP Forests og inngår dermed i den europeiske skogovervåkingen og rapporteringen (Seidling 2018, Michel m. fl. 2020). ICP Forests' langtidsdataserier brukes også i mange internasjonale studier⁶ og vitenskapelige publikasjoner⁷.

2.2 Metoder

2.2.1 Overvåkingsflater

I Norge var det tre intensive skogovervåkingsflater i 2019 (Figur 16). Tabell 2 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 i Osen. Her registreres kronetilstand både hos gran og furu. Overvåkingen startet i Birkenes i 1986, i Osen i 1987 og 10 år seinere i Hurdal i 1997.

Tabell 2. Oversikt over de intensive overvåkingsflatene. Hoh = Høyde over havet. Alder = Bestandsalder.

Flatenavn	Treslag	Areal (daa)	Bonitet (H40)	Alder 2017	Hoh (m)	Tre-antall	Etablering	Vegetasjons-type	Startår
BI Birkenes	Gran	1,12	12,9	132	200	149	Naturlig	Bærlyngskog	1986
HU Hurdal	Gran	1,03	17,0	90	280	74	Naturlig	Blåbærskog	1996
OS Osen	Gran+furu	3,15	12,4	164	560	391	Naturlig	Bærlyngskog	1987

⁶ <http://icp-forests.net/page/project-list>

⁷ <http://icp-forests.net/page/scientific-publications>



Figur 16. Lokalisering av de intensive overvåkingsflatene.

2.2.2 Måleprogram

Med unntak for luftmålinger har alle flatene et nesten identisk måleprogram. Metodene er iht. ICP Forests' manual (UNECE 2016), som også anvendes i de andre europeiske land. I måleprogrammet inngår vurdering av trærnes kronetilstand, tilvekstmålinger, analyser av kjemisk innhold i jord, luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt analyser av skogsvegetasjonen (Tabell 3). Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom, mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom.

Tabell 3. Måleprogram og frekvens på de intensive overvåkingsflatene.

Målinger	Flater	Frekvens
Kronetilstand	Alle flater	Årlig
Tilvekst	Alle flater	Hvert femte år
Jordkjemi	Alle flater	Hvert tiende til tjuende år
Barnålkjemi	Alle flater	Annethvert år
Nedbør (Fritt fall)	Alle flater	Kontinuerlig (NILU i BI og HU, NIBIO i OS)
Nedbør (Kronedrypp)	Alle flater	Kontinuerlig
Jordvann	Alle flater	Kontinuerlig i vekstsesongen
Vegetasjon	Alle flater	Hvert femte år
Strøfall	-	Avsluttet i 2011
Meteorologi	BI, HU	Kontinuerlig (NILU)
Luftkjemi	BI, HU	Kontinuerlig (NILU)
Fenologi	-	Utføres ikke i Norge
Ozonskader	-	Utføres ikke i Norge

Trærnes kronetilstand

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av trærnes kronetilstand basert på registreringer av blant annet kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde etter ICP Forests' standardmetoder (UNECE 2016), med særlig vekt på registrering av biotiske og abiotiske skader og deres årsaker. 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 (Kraftklasse). Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet. Feltarbeidet ble utført 12.8.2019 i Birkenes, 12.–13.9. i Osen og 1.10. i Hurdal.

Kjemiske komponenter i luft

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU, Aas m. fl. 2020). I 2019 ble svovel- og nitrogenforbindelser i luft målt på fire stasjoner i Fastlands-Norge (Birkenes, Hurdal, Kårvatn og Tustervatn), hvorav to er tilknyttet intensive skogovervåkingsflater (BI, HU). Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble også bestemt. Prøver ble tatt døgnavis. I 2019 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV-monitor på syv stasjoner på fastlandet: Birkenes (Aust-Agder), Haukenes (Telemark), Prestebakke (Østfold), Hurdal (Akershus), Sandve (Rogaland), Kårvatn (Møre og Romsdal) og Tustervatn (Nordland).

Kjemiske elementer i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Frittfallende nedbør i Birkenes og Hurdal samles in hvert døgn og er analysert av NILU, mens frittfallende nedbør i Osen og kronedrypp på alle målestasjoner er samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Jordvann er samlet inn hver uke i den frost- og telefrie delen av året. Frittfallende nedbør er innsamlet på ei åpen flate nær skogen omtrent 1,5 m over bakken, mens kronedrypp er samlet inne i skogen omtrent 50 cm over bakken. Lysimeter for jordvannprøvetaking er sonder, unntatt platelysimeter ved 15 cm jorddybde i Birkenes. De er plassert slik at de suger jordvann fra omkring den nedre grensen av humussjiktet (5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (15 og 40 cm jorddybde). Det er normalt tre lysimeter på hver dybde. Prøvene ble slått sammen til en prøve for hver 4-ukers periode og kjemiske analyser ble utført på NIBIOs kjemiske laboratorium etter metodene beskrevet av Ogner m. fl. (1999). Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen elementer og forbindelser i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av H⁺-aktivitet. For frittfallende nedbør og kronedrypp er avsetning, dvs. årlig mengde per hektar, beregnet som konsentrasjon ganget med vannmengde. Ledningsevne er ikke volumveid. 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 klorid- (Cl⁻) konsentrasjoner med formelen: nmSO₄-S = SO₄-S - (0,054 * Cl⁻), der vi antar at Cl⁻ har sin opprinnelse kun fra sjøsalt og er upåvirket av økosystemprosesser i skogen.

Næringsstoffer i barnåler

Kjemisk analyse av næringsstoffer i barnåler blir gjennomført annethvert år. Metodikken for både prøvetaking og analyse er nærmere omtalt i ICP Forests' manual (UNECE 2016). I randsona rundt hver flate befinner det seg fem prøvetrær som med ett unntak har vært de samme siden 1995. Fra hvert prøvetre blir det klippet en grein fra den øvre del av krona, omtrent mellom den 7. og den 15. grein-krans fra toppen. Fra hver grein tas det prøver av både årets og fjorårets nåler, i alt ti prøver pr. flate. Nåleprøvetaking i felt ble utført fra 27.9. til 29.9. 2019. NIBIOs kjemiske laboratorium utførte tørking ved 70°C, oppmaling og kjemiske analyser. Både makro- og mikronæringsstoffer samt andre elementer måles med standard analysemetoder (KAN20000 for CHN, TOR00000 for tørrstoff, FIA21000 for Kjeldahl nitrogen og ICP21100 for andre elementer, se Ogner m. fl. 1999) i både årets og

fjorårets nåler. I resultatdelen presenteres tall for makronæringsstoffer i årets nåler. Normalområdet for makronæringsstoffer i nåler av eldre gran er fra Göttlein m. fl. (2011). Normalområdet for forholdet mellom nitrogen og andre næringsstoffer er beregnet etter formel i Stefan m. fl. (1997).

Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i normalområdet anses for å være tilstrekkelige, mens konsentrasjoner over (overskudd) ikke lenger fører til bedre vekst og konsentrasjoner under (mangel) fører til dårligere vekst og, ved enda lavere konsentrasjoner, til synlige mangelsymptomer (Stefan m. fl. 1997).

Tilvekst

På de intensive overvåkingsflatene er trærnes diameter i brysthøyde (DBH), kronehøyde og høyde målt hvert femte år siden etableringen på 1980-tallet og frem til den siste målingen i 2019. Flatene som er fulgt lengst er derfor målt åtte ganger. Treantall, middeldimensjon, volum og tilvekst er beregnet fra etableringen og frem til 2019. Volum er beregnet ut fra modeller etter Vestjordet (1967).

I Hurdal måles diameteren til alle trærne hver andre uke i sommerhalvåret og ca. annenhver måned i vinterhalvåret. Dette utføres ved å lese av diameteren på permanente målebånd som er festet rundt trærne i brysthøyde (1,3 m over bakken), med 1/10 mm nøyaktighet (nonieavlesing).

2.3 Resultater

2.3.1 Trærnes kronetilstand

Birkenes

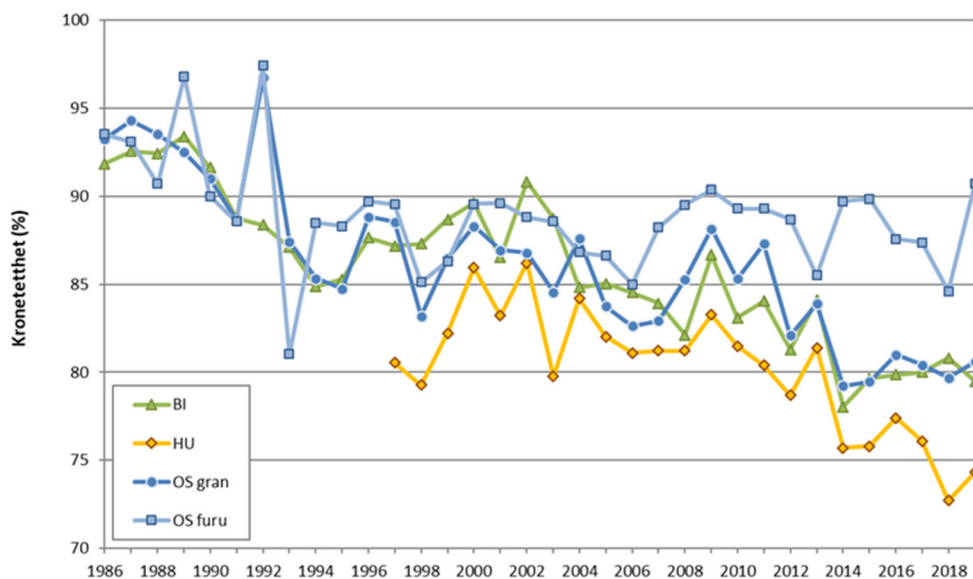
Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran på den intensive overvåkingsflata i Birkenes var på 79,5 % i 2019. I forhold til 2018 betyr dette en forverring i kronetilstanden (Figur 17), og 8 trær hadde en kronetetthet lavere enn 75 % i Birkenes. Det ble ikke registrert misfarging på trærne i Birkenes. Flata var naturlig nok fortsatt preget av snøbrekk og vindfall som følge av den snørike vinteren året før, og 3 av overvåkingstrærne hadde en død topp, mens ett tre som hadde fått et toppbrekk året før var dødt i 2019.

Hurdal

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Hurdal økte noe i 2019 til 74,3 % (Figur 17). Som tidligere hadde flata i Hurdal lavest kronetetthet av alle overvåkingsflater, og gjennomsnittet for trærne på flata lå fortsatt under 75 %. Etter definisjonen i Lorenz m. fl. (2009) må derfor hele bestandet anses som skadet. En tredjedel (35 %) av grantrærne hadde en kronetetthet lavere enn 75 % i 2019. Fem av disse trærne var sterkt skadet med kronetetthet lavere enn 40 %. Skuddavdøing ble observert på 4 grantrær i Hurdal, og kan blant annet skyldes honningsoppangrep (toppskranting) eller tørke. Det var vesentlig mindre misfarging enn i tørkeåret 2018, og bare 5 grantrær hadde mer enn 25 % misfarging. Det var 5 nye døde trær i Hurdal, og flere av de sterkest skadde trærne forventes å dø i løpet av noen få år.

Osen

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Osen var på 80,6 % i 2019, en svak forbedring av kronetilstanden i forhold til 2018. Kronetettheten hos gran i Osen har vært relativt lav (rundt 80 %) siden 2014 (Figur 17). Alle grantrær i Osen var normalt grønne i 2019. Kronetetthet hos furu i Osen forbedret seg kraftig i forhold til 2018, og lå med 90,7 % på det høyeste nivået siden 1992 (Figur 17). Det ble også registrert mindre misfarging enn i 2018, og nesten alle furutrærne i Osen var normalt grønne i 2019. Ti grantrær hadde en kronetetthet lavere enn 75 % i 2019, mens ett furutre som i mange år hadde vært angrepet av tyritoppopp var dødt.



Figur 17. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet over tid for gran og furu på de intensive overvåkingsflater i Birkenes (BI) og Osen (OS) fra 1986 og i Hurdal (HU) fra 1996 til 2019.

2.3.2 Kjemiske komponenter i luft

Svovel- og nitrogenforbindelser

I 2019 ble svovel- (S) og nitrogen- (N) forbindelser i luft målt på fire stasjoner i Fastlands-Norge. Innholdet av magnesium (Mg), kalsium (Ca), kalium (K), klorid (Cl-) og natrium (Na) i luft ble i tillegg også bestemt (Tabell 4).

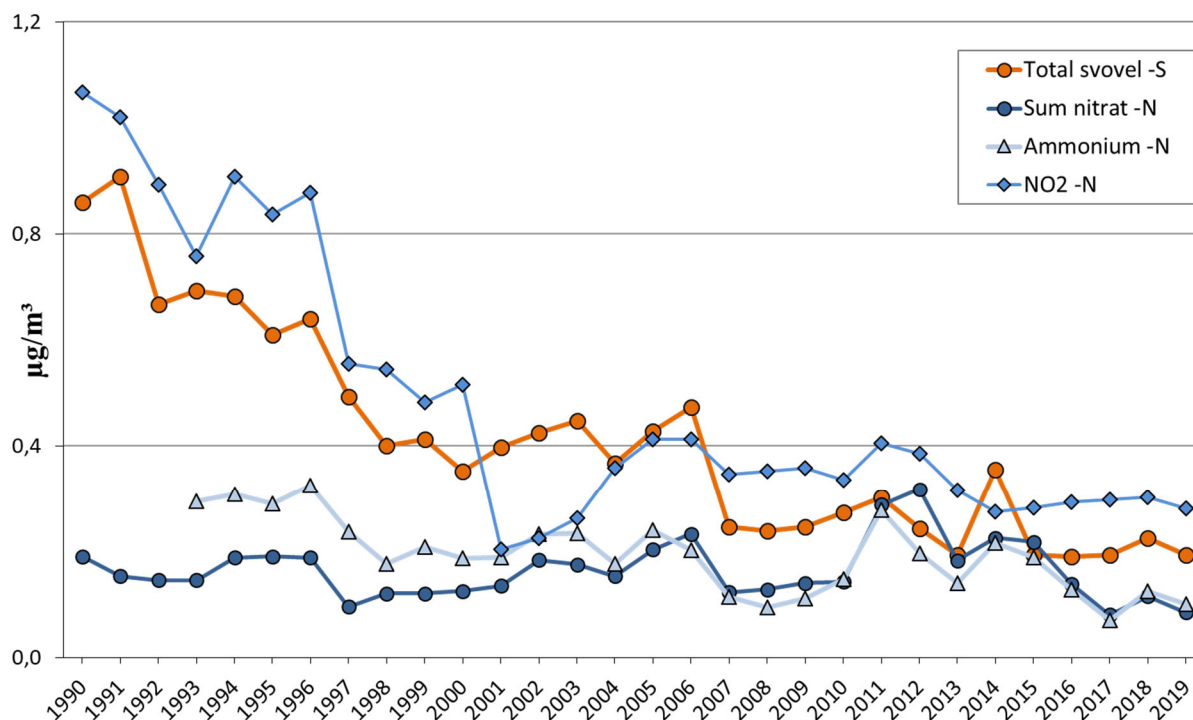
Observatoriet i Birkenes hadde de høyeste nivåene av svoveldioksid (SO₂) og partikulært sulfat (SO₄²⁻), nitrat (NO₃⁻) og ammonium (NH₄⁺) pga. langtransportert forurensing fra kontinentet. I Hurdal ble den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid (NO₂) observert, noe som skyldes utslipp fra veitrafikken i denne regionen.

Den totale avsetningen av forurensing fra atmosfæren er summen av våt- og tørravsetning. Tørravsetning beregnes ved å kombinere luftkonsentrasjonen med estimerte avsetningshastigheter, mens våtavsetning er et produkt av nedbørmengde og konsentrasjonen av komponenter i frittfallende nedbør som diskuteres i neste kapittel. Både tørr- og våtavsetning av svovel- og nitrogenkomponenter var større om sommeren enn om vinteren. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 15–30 % om sommeren og 3–7 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar med 13–34 % i sommerhalvåret og 6–17 % på vinteren.

Tabell 4. Årsmiddelkonsentrasjoner (µg/m³) av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner i 2019.

Stasjon	SO ₂ µg-S/m ³	SO ₄ ²⁻ µg-S/m ³	NO ₂ µg-N/m ³	sum NO ₃ ⁻ µg-N/m ³	NO ₃ µg-N/m ³	sum NH ₄ ⁺ µg-N/m ³	NH ₄ ⁺ µg-N/m ³	Mg µg/m ³	Ca µg/m ³	K µg/m ³	Cl ⁻ µg/m ³	Na µg/m ³
Birkenes II	0,07	0,20	0,32	0,15	0,12	0,32	0,16	0,06	0,05	0,06	0,5	0,42
Hurdal	0,04	0,14	0,50	0,09	0,06	0,24	0,10	0,02	0,04	0,04	0,14	0,14
Kårvatn	0,03	0,10	0,16	0,04	0,02	0,46	0,06	0,02	0,03	0,03	0,18	0,14
Tustervatn	0,05	0,14	0,14	0,06	0,05	0,37	0,08	0,03	0,03	0,03	0,38	0,26

Konsentrasjonene av nitrogen- og svovelkomponenter i luft i 2019 var noe lavere enn i 2018, og i et lengre perspektiv har det vært betydelig nedgang (Figur 18). Reduksjonene for svoveldioksid med 1990 som referanseår var mellom 75–95 % for svoveldioksid og 72–82 % for sulfat i luft, mens fra 2000 hhv. 54–61 % og 50–62 % reduksjon. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium i luft viser en signifikant reduksjon på ca. 50 % fra 1990, mens for sum nitrat i luft er det kun signifikant reduksjon i Hurdal (37 %). Det har imidlertid vært en tydelig og signifikant nedgang for nitrogendioksid (40–69 %) på alle stasjoner med målinger fra 1990, og fra 2000 en reduksjon på 39–47 %.

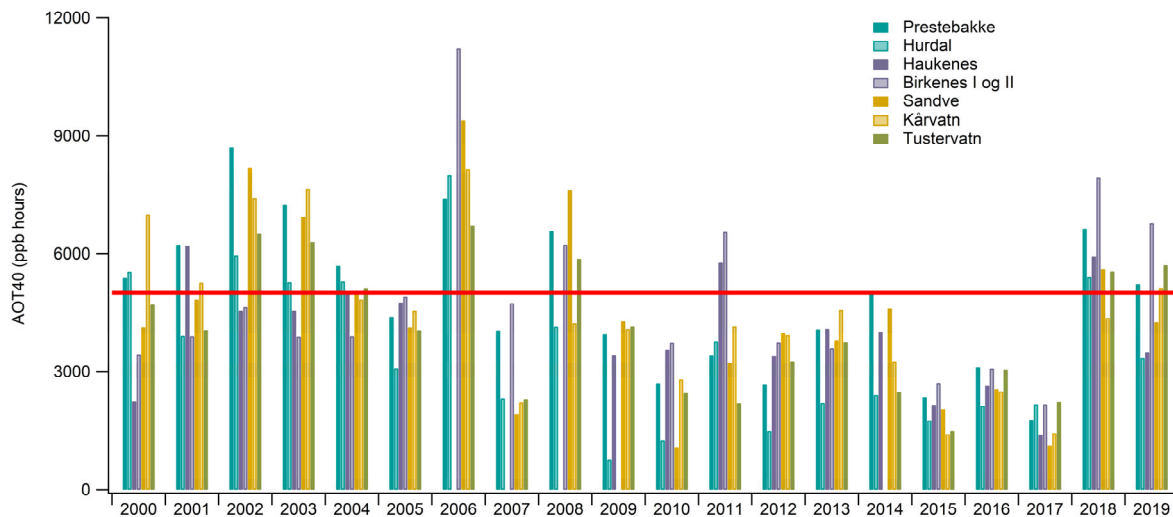


Figur 18. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($SO_2+SO_4^{2-}$), sum nitrat ($HNO_3+NO_3^-$), ammonium (NH_4^+) og nitrogendioksid (NO_2) på fire norske bakgrunnsstasjoner (Birkesnes, Hurdal, Kårvatn, Tustervatn) 1990–2019.

Ozon

I 2019 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.

UNECE og EU opererer med litt ulike definisjoner av grenseverdier knyttet til vegetasjon. Alle grenseverdiene er basert på en langtidseksponering gjennom vekstsesongen, men definisjonene varierer litt med hensyn på hvilke timer av døgnet som skal regnes med. UNECE opererer også med ulike grenseverdier for skog og annen vegetasjon.



Figur 19. Seksmåneders AOT40-verdi (april–september) for årene 2000–2019. UNECEs grenseverdi på 5000 ppb-timer for skog er markert i figuren. AOT40 = Akkumulert ozonoverskridelse over terskelverdien 40 ppb (=80 µg/m³).

De tradisjonelle grenseverdiene har vært knyttet til AOT40 (Akkumulert Ozonoverskridelse over terskelverdien 40 ppb), mens UNECE (Working group on effects) i seinere år har anbefalt å gå over fra AOT40 til såkalte POD-verdier, som gir et bedre mål for den faktiske fluksen av ozon inn i plantene og dermed et bedre mål for skadene. Ulempen med POD-verdier er at disse krever modellberegninger med detaljerte data for lokal meteorologi og vegetasjon som ofte ikke er tilgjengelig på stasjonene. Av den grunn brukes fortsatt AOT40 i stor grad ved rapportering av effekter av ozon på vegetasjon, men det er viktig å være klar over begrensningene ved AOT40 som indikator.

UNECEs tålegrense («critical level») for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april–september) og er vist i Figur 19 sammen med de målte AOT40-verdiene på de norske stasjonene i perioden 2000–2019. Figuren viser at det har vært overskridelser av tålegrensen for skog i Norge i rundt halvparten av årene siden 2000. I 2019 ble denne grenseverdien overskredet på fire av de sju målestasjonene på fastlandet. Høyest var verdien i Birkenes med 6772 ppb-timer. Bortsett fra under ekstremsummeren 2018, har det ikke vært en så utbredt overskridelse av grenseverdien for skog siden 2008.

EUs langtidsmål for beskyttelse av planter, tre-måneders AOT40 < 3000 ppb-timer basert på perioden mai–juli, ble derimot bare overskredet i Birkenes i 2019 (3557 ppb-timer).

Hovedårsaken til forskjellene i tre-måneders og seks-måneders AOT40-verdi var en langvarig ozonepisode i april 2019. Mye av overskridelsene av seks-måneders AOT40 kan knyttes til denne ene episoden, men i tillegg forekom det noen mindre episoder i juli og august. Episoden i april var knyttet til et høytrykk i sørøst som ga opphav til transport av svært varme og kontinentale luftmasser mot de nordiske landene. Deler av landet opplevde nedfall av Sahara-støv under denne perioden. Noe av de høye ozonnivåene i Norge i april skyldes sannsynligvis omfattende jordbruksbranner i Øst-Europa og Russland.

2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

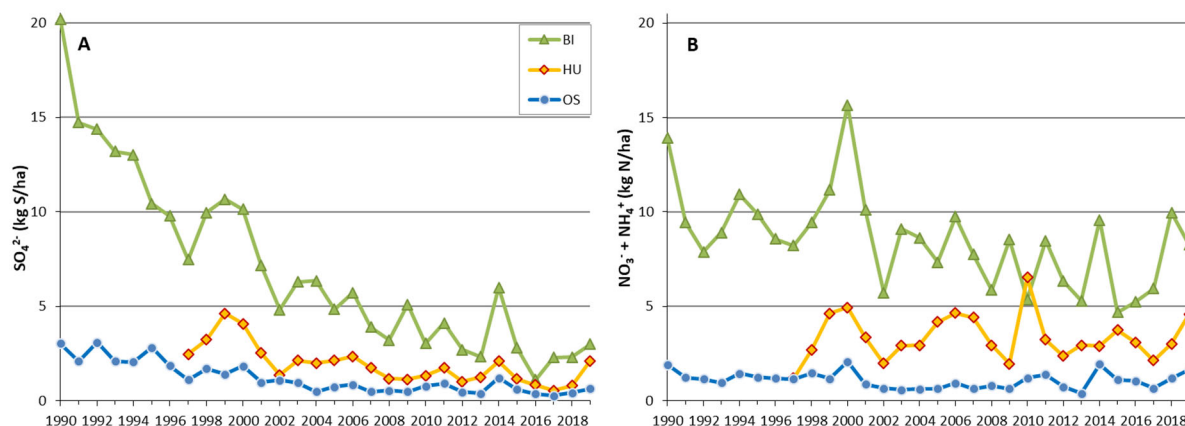
Nedbør og kronedrypp

Nedbørsmengde (mm), pH, og beregnet avsetning (årlige mengder per hektar, dvs. konsentrasjon ganget med vannmengde) av forskjellige grunnstoffer og forbindelser i frittfallende nedbør og kronedrypp i 2019 er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Nedbørsmengde (mm), pH, og deposisjon av kjemiske grunnstoffer og forbindelser (kg/ha/år) i 2019. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, M = manglende verdi. Data for frittfallende nedbør i BI og HU er fra NILU, øvrige data fra NIBIO.

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	2010	4,99	4,81	5,26	M	4,38	3,13	2,41	1,70	1,87	14,91	25,16
HU	1260	5,12	2,58	2,54	M	1,97	1,81	1,66	1,26	0,34	1,86	3,29
OS	802	5,35	0,80	1,20	2,33	1,04	0,91	0,40	0,60	0,06	1,78	2,49
Kronedrypp:												
BI	1834	5,31	4,59	3,67	9,72	4,95	3,00	3,30	20,94	2,24	20,91	34,85
HU	1066	5,49	2,56	2,03	7,46	2,45	2,12	1,07	17,51	0,45	3,48	6,50
OS	588	5,28	1,18	0,47	2,47	0,82	0,65	1,06	9,18	0,48	1,89	3,23

Som i tidligere år er avsetning av forsurende stoffer (uorganisk nitrogen og ikke-marint sulfat) høyere i Birkenes enn i Hurdal og Osen. Figur 20 viser langtidstrender i avsetning av (A) ikke-marint sulfat (SO₄²⁻) og (B) uorganisk nitrogen (NO₃⁻ + NH₄⁺) i kronedrypp på de tre intensive overvåkingsflatene. Selv om mengden uorganisk nitrogen som ble målt i kronedrypp under kronetaket mer enn doblet seg i Hurdal og Osen fra 2017 til 2019, er det generelt lav avsetning av uorganisk nitrogen i kronedrypp på begge disse stasjonene. I Birkenes var det en liten nedgang i uorganisk nitrogen i kronedrypp i forhold til 2018, og det ble målt 8,3 kg uorganisk N/ha/år i kronedrypp i 2019, som fortsatt er vesentlig høyere enn i Hurdal og Osen.



Figur 20. Langtidstrender i (A) ikke-marint SO₄²⁻ og (B) uorganisk nitrogen (NO₃⁻ + NH₄⁺) i kronedrypp i kg/ha.

Jordvann

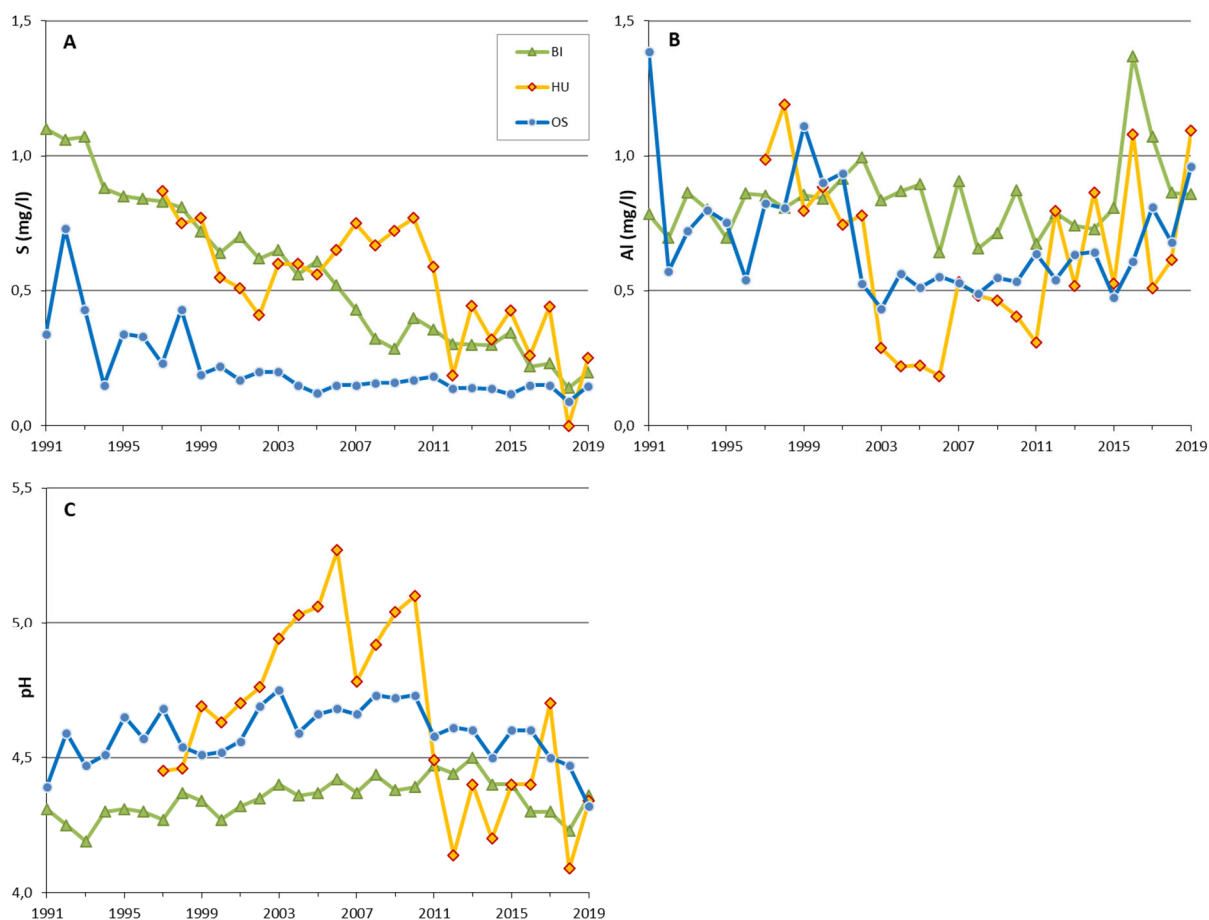
Tabell 6 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner av kjemiske grunnstoffer og forbindelser (unntatt ledningsevne, som ikke er volumveid) og pH i jordvann i 2019.

Tabell 6. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) av kjemiske grunnstoffer og forbindelser i jordvann i 2019.

Led = ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$, ikke volumveid), Tot = total, nm = ikke marint, * = platelysimeter, øvrige lysimeter er sonder.

Flate	Sjikt	Led	pH	Tot- 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*	29	4,36	0,86	0,12	0,14	0,06	0,10	0,001	2,08	0,05	0,03	0,41	0,30	0,20	1,8
BI	40	28	4,90	0,37	0,16	0,05	0,08	0,16	0,002	3,17	0,05	0,03	0,15	0,91	0,70	3,9
HU	5	12	5,58	0,06	0,08	0,01	0,18	0,02	0,036	1,49	0,04	0,03	0,13	0,50	0,45	0,9
HU	15	33	4,34	1,09	0,22	0,30	0,60	0,06	0,019	1,56	0,04	0,03	0,51	0,29	0,25	0,8
HU	40	13	5,15	0,16	0,11	0,04	0,17	0,03	0,054	1,30	0,03	0,04	0,11	0,42	0,38	0,7
OS	5	20	4,73	0,70	0,30	0,70	0,52	0,34	0,013	0,99	0,10	0,05	0,49	0,22	0,19	0,6
OS	15	37	4,32	0,96	0,43	0,70	0,38	0,41	0,064	1,07	0,12	0,03	0,74	0,20	0,15	1,0
OS	40	13	4,94	0,54	0,15	0,06	0,45	0,16	0,018	0,68	0,04	0,03	0,21	0,33	0,28	0,8

Langtidstrender for total aluminium (Al), ikke-marint sulfat-S (SO₄-S) og pH i 15 cm dybde på de tre intensive overvåkingsflatene er vist i Figur 21 A, B og C. Vi ser noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i de siste årene. Nitratkonsentrasjoner i jordvann var i 2019 som vanlig lave, oftest under deteksjonsgrensa.



Figur 21. Langtidstrender i (A) ikke-marint SO₄-S (mg/l), (B) total Al (mg/l) og (C) pH i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

2.3.4 Næringsstoffer i barnåler

I 2019 lå konsentrasjonen av makronæringsstoffer i årets barnåler, med unntak av nitrogen (N) og svovel (S), enten innafor eller over normalområdet for eldre grantrær (Tabell 7).

I Birkenes lå konsentrasjonen av kalsium (Ca), kalium (K), fosfor (P) og S innafor normalområdet (=i tilstrekkelige konsentrasjoner), mens det ble målt høye verdier for magnesium (Mg), som indikerer et overskudd av dette elementet, og lave (underoptimale) konsentrasjoner av N. I Hurdal lå verdiene for Ca, K, Mg og P innafor normalområdet, mens konsentrasjoner som ble målt for S var lave og for N svært lave. I Osen lå konsentrasjonen av Mg og P innafor normalområdet, mens det ble målt høye verdier for Ca og svært høye for K. Som i Hurdal ble det målt lave verdier for S og svært lave for N.

Tabell 7 viser også prosentvise endringer i konsentrasjonen av næringsstoffer i barnåler fra forrige næringsstoffanalyse i 2017. Det var en sterk økning av Ca- og K-verdiene på alle tre flater, særlig i Osen. Konsentrasjonen av Mg sank betraktelig i Hurdal, og P gikk ned i Birkenes. Konsentrasjonen av N sank kraftig på alle tre flater i forhold til forrige analyse.

Tabell 7. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff i årets barnåler 2019 (prosentvise endringer fra 2017 i parentes). Normal: Området med normale næringsstoffkonsentrasjoner for eldre gran (Göttlein m. fl. 2011).

	Ca	K	Mg	N	P	S
BI	4,6 (19,7 %)	6,7 (22,4 %)	1,5 (3,2 %)	12,6 (-13,2 %)	1,4 (-12,2 %)	0,94 (-2,4 %)
HU	3,7 (32,4 %)	7,0 (11,9 %)	0,9 (-18,5 %)	8,5 (-11,3 %)	1,3 (6,9 %)	0,72 (1,4 %)
OS	6,2 (41,2 %)	10,4 (49,8 %)	1,0 (-5,3 %)	8,9 (-14,8 %)	1,9 (9,6 %)	0,73 (-4,6 %)
Normal	2,5–5,6	4,6–7,3	0,8–1,3	13,2–15,3	1,3–1,9	0,8–1,4

Tabell 8 viser forholdet mellom konsentrasjonen av nitrogen og andre viktige elementer i barnålene, der tall lavere enn normalområdet indikerer for lite N i forhold til de andre næringsstoffene, mens tall høyere enn normalområdet indikerer for lite av de andre næringsstoffene i forhold til N.

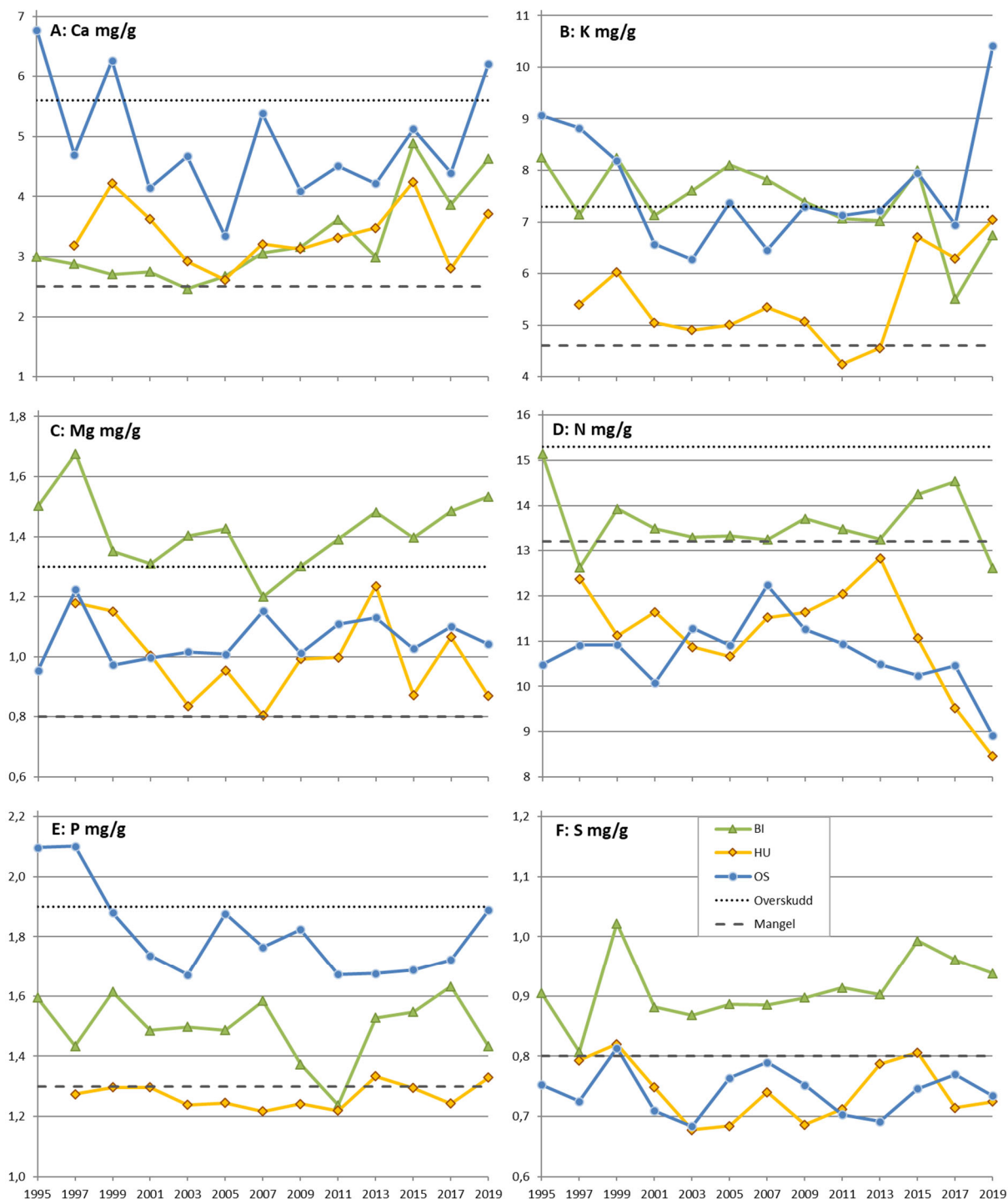
I Birkenes, med overoptimale konsentrasjoner av Mg og underoptimale av N, var det mangel av N i barnålene i forhold til Mg. I Hurdal og Osen ble det funnet for lite N i forhold til alle andre makronæringsstoffer med unntak av S. Det ble ikke målt verdier som skulle tilsi at det er mangel av de andre makronæringsstoffene i forhold til N i barnålene på noen flate.

Tabell 8. Forholdet mellom N og de andre makronæringsstoffer i årets barnåler 2019. Normal: Området der næringsstoffene fins i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til hverandre (beregnet etter Stefan m. fl. 1997 og Göttlein m. fl. 2011).

	N:Ca	N:K	N:Mg	N:P	N:S
BI	2,7	1,9	8,2	8,8	13,5
HU	2,3	1,2	9,7	6,4	11,7
OS	1,4	0,9	8,6	4,7	12,1
Normal	2,4–6,1	1,8–3,3	10,2–19,1	6,9–11,8	9,4–19,1

Siden 1995 har det aldri blitt målt så lave N-verdier i barnåler som i 2019 på noen av de 3 flatene (Figur 22 D). Birkenes hadde likevel fortsatt vesentlig høyere konsentrasjoner av både N og S i barnåler enn de andre flatene, som i alle år siden 1995 (Figur 22 D og E). Konsentrasjonen av Ca og K i barnåler i Osen har i alle år ligger over nivåene som har blitt målt på de andre flatene, og det har kun 2 ganger tidligere blitt målt tilsvarende høye verdier for disse 2 elementene i Osen (Figur 22 A og B). For K ble det funnet eksepsjonelt høye verdier i Osen i 2019 (Figur 22 E).

Trenden for N har vært nedadgående i Osen siden 2007 og i Hurdal siden 2011 (Figur 22 D). For S i barnåler i Birkenes viser trenden en økning fra 2001 til 2015, men en nedgang igjen deretter (Figur 22 F). Mg i Birkenes har økt siden 2007 (Figur 22 C). For de andre elementene har det til dels vært store variasjoner mellom årene og ingen tydelige trender (Figur 22 A, B og E).



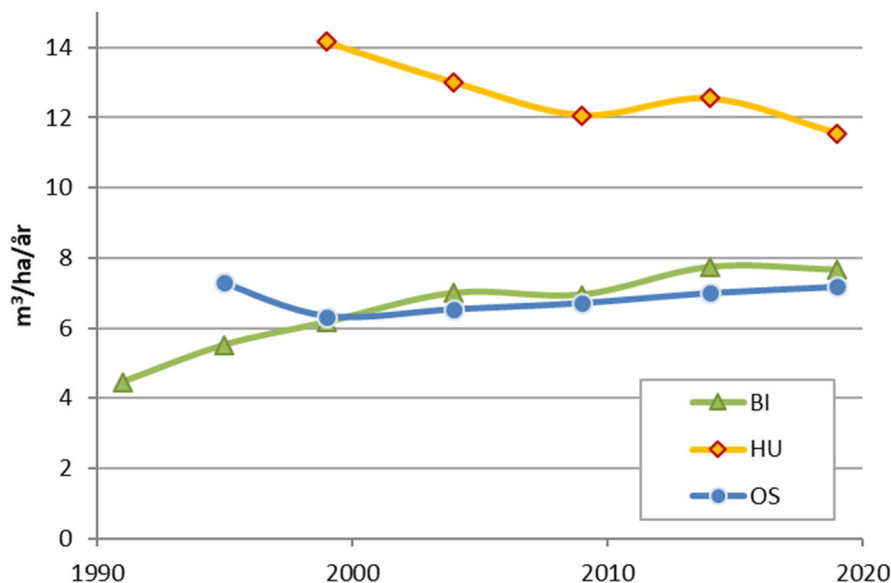
Figur 22. Endringer i konsentrasjon av makronæringsstoffer (mg/g tørrstoff) i barnåler på flatene i Birkenes, Hurdal og Osen 1995–2019. Normalområdet med tilstrekkelige konsentrasjoner av makronæringsstoffer er mellom de stiplede linjene; lavere verdier indikerer mangel, høyere verdier et overskudd (etter Göttelein m. fl. 2011). (A) kalsium, (B) kalium, (C) magnesium, (D) nitrogen, (E) fosfor og (F) svovel.

2.3.5 Tilvekst

På flere av flatene har det vært betydelig avgang av trær som har dødd av ulike årsaker (tørke, undertrykkelse, billeangrep, vindfall, m.m.), og mange av de minste trærne har gått ut. I Osen har tilveksten økt noe i siste femårsperiode, mens i Hurdal har tilveksten avtatt betydelig (Tabell 9). Ser vi på middeltilveksten (gjennomsnittlig tilvekst) fra etablering og frem til beregningsåret fremkommer langtidstrenden (Figur 23). Her ser vi at middeltilveksten i Osen er relativt stabil, men med en svak økning de siste 20 år. I Hurdal ser vi derimot en betydelig tilvekstreduksjon i denne 20-årsperioden. I Birkenes er det vanskelig å trekke ut en langtidstrend, men også her har tilveksten gått ned den siste femårsperioden (Figur 23). En avtagende trend på middeltilveksten indikerer vanligvis at bestandet er hogstmodent mht. maksimal produksjon, og flaten i Hurdal viser et tydelig tegn på dette. Det ser også ut til at flaten i Birkenes nærmer seg hogstmodenhet med en utflating av middeltilveksten. I Osen derimot ser det ut til at tilveksten er meget stabil, og her er også treantallet stabilt (Tabell 9 og Figur 23). Det må likevel påpekes at på alle flatene kan tilveksten fluktuere, der en trend kan snu igjen av ulike årsaker (klimavariasjoner, skader, bestandsalder, bestandstetthet m.m.).

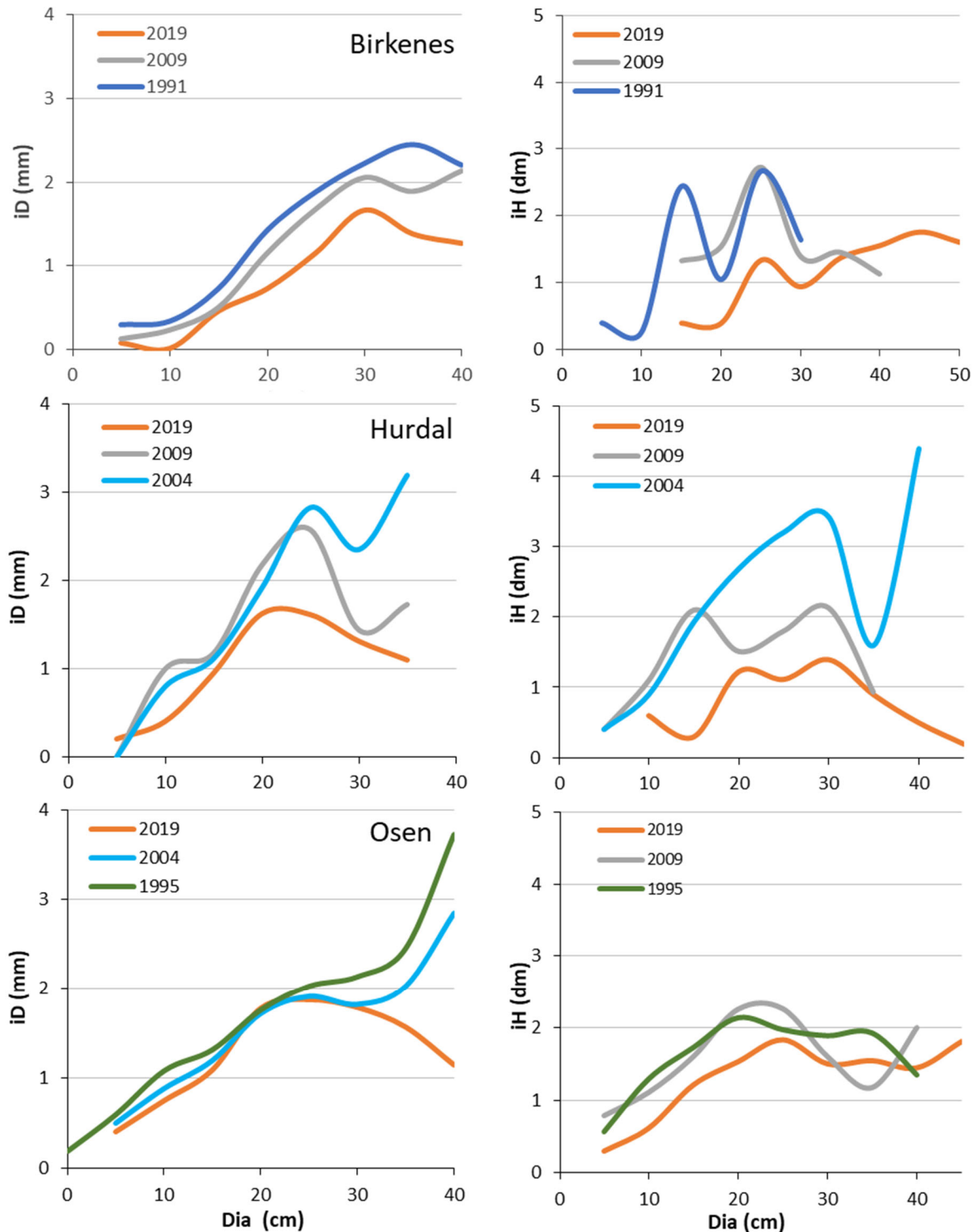
Tabell 9. Treantall, middeldimensjon, volum og periodisk tilvekst for levende trær.

Flate	År	Antall trær (stammer/ha)	Middeldiameter (mm)	Middel høyde (dm)	Volum (m ³ /ha)	Tilvekst (m ³ /ha/år)
BI	1986	1333	186	182	310	
	1999	1011	225	200	375	7,6
	2009	930	244	221	449	6,8
	2019	823	264	244	519	7,2
HU	1996	717	231	207	304	
	1999	707	245	213	344	14,2
	2009	630	269	239	419	10,6
	2019	717	261	259	490	8,0
OS	1986	1248	164	195	249	
	1999	1194	184	215	330	4,2
	2009	1168	198	232	402	7,3
	2019	1171	207	248	475	8,2



Figur 23. Middeltilvekst på flatene i Birkenes, Hurdal og Osen i m³/ha/år

Årlig diameter­tilvekst har økt sterkt fra rundt 0,5 mm hos de minste trærne til 1-3 mm hos de store trærne (Figur 24). Noen av de aller største trærne har vokst ekstra mye i Hurdal og i Osen. Stort sett følger tilvekstkurvene hverandre fra år til år og har omtrent samme form. Men en tydelig trend frem­kommer likevel der vi ser at diameter­tilveksten hos de aller største trærne er betydelig redusert i siste femårsperiode på alle tre flatene. I tidligere år har de største trærne jevnt over hatt størst diameter­tilvekst, særlig i Osen. Dette indikerer at særlig de største trærne har en avtagende tilvekst. Samtlige kurver viser også høyest diameter­tilvekst i tidligere år og lavest i siste femårsperiode.



Figur 24. Årlig diameter­tilvekst i mm (iD, venstre) og høyde­tilvekst i dm (iH, høyre) for diameter­klasser (Dia) for flatene i Birkenes (øverst), Hurdal (i midten) og Osen (nederst).

Årlig høydetilvekst øker med økende dimensjon (brysthøydediameter) frem til ca. 20 cm diameter for deretter å flate noe ut (Figur 24). I Osen og Birkenes har høydetilveksten holdt seg ganske bra i siste femårsperiode, mens i Hurdal har vi sett en betydelig redusert høydetilvekst den siste perioden. Dette tyder på at trærne i Hurdal begynner å nå sitt optimum. Sammenholdes både diameter- og høydetilvekst kan det tyde på at de største trærne i Hurdal begynner å bli utvokst eller at de begynner å skranke.

2.4 Diskusjon

Trærnes kronetilstand

Det var store variasjoner i kronetettheten på granflatene i Birkenes, Hurdal og Osen på 1990-tallet, i begynnelsen av 2000-tallet og i perioden etter 2007 på alle flater. På 1990-tallet var det også store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging på gran i Birkenes og Hurdal, som mest sannsynlig var relatert til hyppige tørkeperioder. Det er en tydelig trend med synkende kronetetthet over tid for gran i Birkenes og Osen som delvis kan tilskrives trærnes økende alder, mens en tilsvarende trend først inntreffer fra 2004 i Hurdal. Flata i Birkenes har vært preget av topp- og snøbrekk, særlig i perioden 1988–1993 og i årene etter 2003. Enkeltrær på flata i Hurdal er sterkt preget av råteskader med lav kronetetthet og mye misfarging som følge, og flere trær på flata har dødd de seinere årene som følge av slike skader, ofte i kombinasjon med andre faktorer (vindfelling og tørken i 2018). Kronetettheten for furu i Osen har vært relativt stabil siden midten av 1990-tallet, uten tydelig trend i utviklingen over tid, men med noen variasjoner de siste årene.

Kjemiske komponenter i luft

De høyeste nivåene av svovel- og nitrogenforbindelser i luft ble målt i Birkenes som tidligere (Aas m. fl. 2020). Dette skyldes fortsatt langtransportert forurensing fra kontinentet. I Hurdal ble den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid målt, noe som skyldes utslipp fra veitrafikken i denne regionen.

UNECEs tålegrense («critical level») for bakkenært ozon for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april–september) og har vært overskredet i rundt halvparten av årene siden 2000. I 2019 ble denne grenseverdien overskredet på fire av de sju målestasjonene på fastlandet, høyest var verdien på Birkenes. Bortsett fra under ekstremsummeren 2018, har det ikke vært en så utbredt overskridelse av grenseverdien for skog siden 2008 (Aas m. fl. 2020).

Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Langtidstrendene i avsetning fra tidligere år ser ut til å fortsette. Nedgangen i avsetning av ikke-marint sulfat er sett også i andre europeiske land og har ført til en signifikant nedgang i avrenning av spesielt ikke-marint sulfat (Forsius m. fl. 2020). Variasjon i avsetning mellom år skyldes nå i stor grad variasjon i nedbør. Høyere avsetning av ikke-marint sulfat i 2019 skyldes sannsynligvis høyere nedbør i 2019 enn i 2018.

I jordvannet ser vi noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i de siste årene, spesielt lett å se i Hurdal. Sannsynligvis er dette ikke forårsaket av avsetning av forsurende antropogent sulfat, fordi både dette og sulfatkonsentrasjoner i jordvann fortsetter å være lave. Det har heller ikke vært noen konsekvent økning i avsetning av uorganisk nitrogen. Videre ser endringene ut til å være vanskelige å forklare med for eksempel forsurende sjøsaltepisoder. En mulig forklaring kan være naturlig forsuring der trærne tar opp basekationer og erstatter dem med hydrogenioner (Tamm & Hallbäcken 1986).

Næringsstoffer i barnåler

Innhold og sammensetning av næringsstoffer i barnåler er en indikator på trærnes næringsstatus, tilvekst og helsetilstand. Unormalt lave eller høye verdier av noen elementer kan føre til nedsatt

fotosyntese med misfarging, nåletap og dårlig tilvekst som følge (Stefan m. fl. 1997). Også næringsstoffenes konsentrasjon i forhold til hverandre er viktig for optimale vekstforhold. Hvis et næringsstoff fins i for høy eller for lav konsentrasjon i forhold til et annet, kan dette føre til næringsubalanse og over tid til næringsmangel (Kjønaas & Stuanes 2008), og dermed til redusert helse og tilvekst. Kjemisk analyse av barnålenes innhold av næringsstoffer er derfor viktig for å få en oversikt over trærnes næringsstatus og vekstforhold og for å kunne forklare eventuelle mangelsymptomer.

I 2019 ble det målt en nedgang i nitrogenverdier i barnålene på alle 3 overvåkingsflater. I Osen har det vært en nedadgående trend for N i barnåler siden 2007, og i Hurdal siden 2013, mens trenden i Birkenes var motsatt med en økning fra 2013–2017. N-verdiene lå i 2019 under mangelgrensa som indikerer underoptimale forhold på alle 3 flater, og var svært lave i Osen og Hurdal.

Mangel på nitrogen er imidlertid normalt i boreale barskoger, hvor dette er det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet (Binkley & Högberg 1997), og skogstrærne er tilpasset disse forholdene, bl.a. gjennom et symbiotisk samliv med sopp (mykorrhiza). Gran, furu og bjørk, som er de vanligste treslagene i Norge, lever i symbiose med mykorrhiza-dannende sopper. Mykorrhiza, eller sopprot, er en kappe av sopptråder (hyfer) rundt finrøttene som beskytter finrøttene mot skader, og forsyner trærne med vann og næringsstoffer som nitrogen i bytte mot karbohydrater (Børja & Timmermann 2017). Trærnes næringsstatus og helse er dermed også avhengig av sine symbiosepartnere.

Gran har et grunt rotsystem. Tørken i 2018 kan ha ført til at en del av finrøttene i det øverste råhumussjiktet døde. Her dannes det også mest mykorrhiza som bidrar til å forsyne trærne med vann og næringsstoffer. Stor avdøing av finrøtter i 2018 vil sannsynligvis ha hatt en negativ innvirkning på vann- og næringsopptaket og dermed også på barnålenes næringsstatus både i 2018 og 2019. Videre fører tørke til redusert mikrobiell aktivitet i jordsmonnet, noe som påvirker mineraliseringsprosessen negativt og som dermed fører til mindre tilgjengelig nitrogen for planterøttene (Kreuzwieser & Gessler 2010).

I Hurdal er ett av nåleprøvetrærne døende med svært lav kronetetthet og ett annet skrantende med lav kronetetthet. Den dårlige kronetilstanden til disse trærne har opplagt en negativ innvirkning på fotosyntesen og næringsopptaket. Disse to trærne hadde da også de laveste N-verdiene i barnålene i 2019 av alle 15 nåleprøvetrær.

Selv om det var en økning i avsetning av uorganisk nitrogen i kronedrypp under kronetaket i Hurdal og Osen i 2019, og fortsatt relativt høye nitrogenverdier i kronedrypp i Birkenes, ser dette ikke ut til å ha hatt noen innvirkning på barnålenes næringsstatus i 2019.

Tilvekst

Den årlige tilveksten hos trær varierer mye og viser utover den normale tilveksten også naturens respons på eventuelle endringer i klima, forurensning og andre forstyrrelser i skogbestandet. Selv om tilveksten måles hvert femte år, eller enda hyppigere, er det ikke sikkert endringer i miljø vises i trærnes diameter- og høydevekst. Bestandene er dessuten i utvikling ved at de blir eldre og tettere. Trær kan også dø av naturlige årsaker eller på grunn av forurensing, endringer i klima, eller menneskeskapte forstyrrelser. Økt nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i Norge (Solberg m. fl. 2009, Andreassen & Aas 2015). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon ved kunstig høy sulfatdeposisjon (Abrahamsen m. fl. 1994), men dette har vært vanskelig å påvise i vanlig skog etter sulfatdeposisjon i Norge (Solberg m. fl. 2009, Andreassen & Aas 2015). Geologiske forhold med basiske bergarter er med på å nøytralisere den negative effekten av sulfatdeposisjon på tilveksten hos trærne i Norge. Disse to forholdene (nitrogendeposisjon og nøytraliserende bergarter) gjør det vanskelig å påvise tilvekstreduksjon etter sulfatdeposisjon i Norge.

Litteraturreferanser

- Aas, W., Eckhardt, S., Fiebig, M., Solberg, S., & Yttri, K. E. 2020. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2019. NILU report 4/20. ISBN: 978-82-425-3000-4.
- 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.
- Binkley, D. & Högberg, P. 1997. Does atmospheric deposition of nitrogen threaten Swedish forests? Forest Ecology and Management 92: 119-152.
- Børja, I & Timmermann, V. 2017. Mykorrhiza – den usynlige støttespilleren. Park & Anlegg 2017(9): 6–10.
- Forsius, M., Posch, M., Holmberg, M., Vuorenmaa, J., Kleemola, S., Augustaitis, A., Beudert, B., Bochenek, W., Clarke, N., de Wit, H., Dirnböck, T., Frey, J., Grandin, U., Hakola, H., Kobler, J., Kram, P., Lindroos, A.-J., Löfgren, S., Pecka, T., Rönnback, P., Skotak, K., Szpikowski, J., Ukonmaanaho, L., Valinia, S., Váňa, M. 2020. Assessing critical load exceedances and ecosystem impacts of anthropogenic nitrogen and sulphur deposition at unmanaged forested catchments in Europe. Science of the Total Environment, akseptert.
- Göttlein, A., Baier, R. & Mellert, K.H. 2011. Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG's Literaturzusammenstellung. Allg. Forst- u. J.Ztg. 182(9/10):173-186.
- Kjønaas, O.J. & Stuanes, A.O. 2008. Effects of experimentally altered N input on foliage, litter production and increment in a Norway spruce stand, Gårdsjön, Sweden over a 12-year period. International Journal of Environmental Studies 65: 433-465.
- Kreuzwieser, J. & Gessler, A. 2010. Global climate change and tree nutrition: influence of water availability. Tree Physiology 30, 1221–1234. doi:10.1093/treephys/tpq055
- 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., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2020. Forest condition in Europe: 2020 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 *in prep*.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., 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.
- Seidling, W. (ed.). 2018. Forest Conditions. ICP Forests 2018 Executive Report. ISSN 1020-587X, e-ISSN 2198-6541.
- 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: 1735-175
- Stefan, K., Fürst, A., Hacker, R. & Bartels, U. 1997. Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, 1997, Brussels, Geneva, 207.
- Tamm, C.O., Hallbäcken, L. 1986. Changes in soil pH over a 50-year period under different forest canopies in SW Sweden. Water, Air & Soil Pollution 31: 337-341.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2016. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2016. <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.

3 TOV granskog: Utvikling i bakkevegetasjonen og dens arts mangfold i ni områder med gammel, vernet granskog.

Utvalgte overvåkingsresultater 1988–2019

Tonje Økland (NIBIO) og Rune Halvorsen (UiO)

3.1 Innledning

Vegetasjonsovervåking i gammel, naturlig granskog (ikke produksjonsskog) ble startet opp ved NIJOS (Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, som nå er en del av Norsk institutt for bioøkonomi; NIBIO) i 1988 (T. Økland 1990, T. Økland 1996). Vegetasjonsovervåkingen var inkludert i NIJOSs program "Overvåking av skogens sunnhetstilstand" (Rørå m. fl. 1988), som i sin tur ble initiert og finansiert av Landbruksdepartementet. Bakgrunnen var vegetasjonsendringer observert i Sør-Sverige og Sentral-Europa som ble satt i sammenheng med forsuring og nitrogengjødsling gjennom langtransportert luftforurensing (se f.eks. Falkengren-Grerup 1986), mens vi i Norge hadde lite kunnskap om eventuelle vegetasjonsendringer relatert til dette. To overvåkingsområder i gammel naturlig granskog ble etablert av NIJOS i 1988. Samme år etablerte Naturhistorisk museum (ved Universitetet i Oslo; UiO) ett overvåkingsområde i granskog og furuskog (R. Økland & Eilertsen 1993). Området i regi av UiO ble de første årene finansiert gjennom Nasjonalkomiteen for miljøvernforskning (NMF), som var underlagt Miljøverndepartementet (R. Økland & Eilertsen 1993). To nye områder ble etablert og analysert hvert år de neste årene i regi av NIJOS (T. Økland 1996), slik at det i alt var 11 overvåkingsområder i granskog etter sommeren 1992.

I 1990 ble Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) etablert av Miljødirektoratet (den gang Direktoratet for naturforvaltning) og fra 1993 ble metodene som var utviklet for overvåking av bakkevegetasjon i granskog også benyttet i bjørkeskog. Overvåkingsområdet «Solhomfjell» (som overvåkes i regi av UiO) ble en del av TOV fra 1993 mens de åtte granskogsområdene (to områder ble ikke videreført etter tredje omløp) som overvåkes i regi av NIBIO ble en del av TOV og finansiert av Miljødirektoratet fra 2005. Populasjoner av etasjemose (*Hylocomium splendens*) har vært undersøkt årlig i alle overvåkingsflatene i syv av de ni områdene fra og med 1990 (se f. eks. Halvorsen 2019).

Det ble etter hvert klart at metodene som var utviklet for å vise endringer i skogsvegetasjonen som følge av forurensning også var egnet til å vise effekter av andre påvirkningsfaktorer, spesielt klimaendringer, på skogsvegetasjonen (T. Økland m. fl. 2001, 2004a,b). Formålet med TOV har også endret seg til å studere endringer som skyldes både klimaendringer, langtransportert forurensing (nå i hovedsak nitrogentilførsel) og naturlig variasjon i økosystemene (Framstad m. fl. 2020).

3.2 Metoder

De ni områdene (Figur 25, Tabell 10) utspenner geografiske gradienter og klimagrader i Norge; langs temperaturgradienten fra den boreonemorale (BN) til den nordboreale vegetasjonssonen (NB), og langs oseanitetsgradienten (O1 – O3; Moen 1998) fra den sterkt oseaniske seksjonen (O3) til overgangssonen mot det kontinentale innlandet (OC). Samtidig fanger områdene opp variasjonen i belastning av langtransporterte luftforurensninger i Norge (se f.eks. Tørseth & Semb 1997 og Austnes m. fl. 2018). Valg av overvåkingsområder ble gjort ut fra kunnskapsstatus om alder på skogbestand, skoghistorie og vernestatus og flatene ble lagt ut i skogbestand med minst mulig menneskelig påvirkning og uten åpenbare hogstsuksessjoner. Alle overvåkingsområdene ligger innenfor vernede områder (naturreserver og nasjonalparker; Tabell 10).

Tabell 10. Geografisk posisjon, klima og bakgrunnsinformasjon for overvåkingsområdene i granskog. Midlere årlig nedbør er estimert på grunnlag av normalen 1961–90 (Førland 1993) for stasjoner nær overvåkingsområdet, og justert for topografisk posisjon og høyde over havet (jf. Sjørs 1948, Førland 1979). Temperatur er basert på normalen 1961–90 (Aune 1993) for stasjoner nær området, og justert for høyde i samsvar med Laaksonen (1976). NR: Del av naturreservat. NP: Del av nasjonalpark. Fra R. Økland & Eilertsen (1993), T. Økland (1996), <https://www.ngu.no/> samt Framstad m. fl. 2020. Vegetasjonssoner: BN: boreonemoral, SB: sørboreal, MB: mellomboreal, NB: nordboreal. Vegetasjonssesjoner (Moen 1998): O1: svakt oseanisk, O2: oseanisk, O3: sterkt oseanisk; OC overgangsseksejon fra svakt oseanisk mot kontinentalt klima.

	Paulen	Solhomfjell	Grytdalen	Rausjømarka	Bringen	Otterstadstølen	Gutulia	Urvatnet	Granneset
Fylke (før 2018)	V-Agder	A-Agder	Telemark	Akershus	Buskerud	Hordaland	Hedmark	S-Trøndelag	Nordland
UTM (sone 33)	86800 6485700	145200 6551400	137000 6586500	278200 6638900	193600 6727000	-1600 6777900	353000 6879400	238700 7010000	494900 7377400
Vernestatus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NP	NR	NP
Navn verneområde	Paulen naturreservat	Solhomfjell naturreservat	Grytdalen naturreservat	Østmarka naturreservat	Bringen naturreservat	Otterstadstølen naturreservat	Gutulia nasjonalpark	Urvatnet Litjbymyran naturreservat	Saltfjellet-Svartisen nasjonalpark
Høyde over havet (m)	150-275	350-475	475-550	220-300	600-750	220-350	700-850	300-400	225-325
Klimasoner	BN-SB, O2 - O1	SB, O2	MB, O2 - O1	SB, O1	MB, OC	SB, O3	MB/NB, OC	SB-MB, O2-O1	MB, OC
Berggrunn	Hovedsakelig granittisk gneis	Granitt, granittisk gneis	Hovedsakelig granittisk gneiss	Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt	Hovedsakelig granittisk gneis	Dioprittisk til granittisk gneis, migmatitt	Sandstein, presset og omdannet, feltspathoidig	Grønnstein, amfibolitt	Glimmerskifer, granatglimmerskifer, kalkspatmarmor, dolomittmarmor
Nedbør (mm/år)	1530	1161	1135	837	654	3032	653	874	1367
Middeltemp. °C januar	-2,97	-5,71	-6,81	-6,00	-9,10	-3,41	-12,81	-4,92	-7,96
Middeltemp. °C juli	14,65	14,02	13,12	14,92	12,63	11,45	10,80	11,74	11,52



Figur 25. Kart over TOV-overvåkingsområdene i granskog.



Figur 26. Eksempel fra Rausjømarka i 2016; 1 m² analyseflate med analyseramme delt inn i 16 småruter.

Ved etableringen av overvåkingen ble flater lagt ut i skogbestand med sammenlignbar variasjon langs lokale økologiske gradienter i ”blåbærdominert granskog” i vid forstand, dvs. inkludert fuktige og noe rikere utforminger. Slik skog ble valgt fordi den omfatter de kvantitativt og derfor økonomisk viktigste skogarealene i Norge. For flere detaljer i områdebeskrivelser og metodikk, se blant annet T. Økland (1996) og R. Økland & Eilertsen (1993). Korte områdebeskrivelser, samt beskrivelser av metoder, datatyper og datalagring er også dokumentert i Framstad m. fl. (2020). Overvåkingsområdenes klimautvikling gjennom overvåkingsperioden er beskrevet i Framstad (2020).

I utgangspunktet var omløpstiden fem år for alle områdene, men i åtte av overvåkingsområdene er omløpstiden økt gradvis fra fem til åtte år fra og med femte omløp (pga. redusert finansiering). Vegetasjonen i alle de ni granskogsområdene er analysert i fem analyseomløp; seks av områdene er pr. 2020 analysert i seks omløp og ett av disse områdene er analysert i syv omløp (Tabell 11).

Tabell 11. Gjennomførte og planlagte (i parentes) analyseår i ni TOV granskogsområder.

	1. omløp	2. omløp	3. omløp	4. omløp	5. omløp	6. omløp	7. omløp
Paulen	1990	1995	2000	2005	2010	2018	(2026)
Solhomfjell	1988	1993	1998	2003	2008	2013	2018
Grytdalen	1988	1993	1998	2003	2011	2019	(2027)
Østmarka	1988	1993	1998	2003	2008	2016	(2024)
Bringen	1991	1996	2001	2006	2014	(2022)	(2030)
Otterstadstølen	1989	1994	1999	2004	2012	2020	(2028)
Gutulia	1989	1994	1999	2004	2009	2017	(2025)
Urvatnet	1992	1997	2002	2007	2015	(2023)	(2031)
Granneset	1990	1995	2000	2005	2013	(2021)	(2029)

I hvert område unntatt Solhomfjell er det lagt ut ti «makroflater» à 5 × 10 m som tilsammen dekker variasjon langs de viktigste lokale økologiske gradientene innenfor «blåbærdominert granskog», dvs. variasjon i næringsforhold i humussjiktet, fuktighetsforhold, topografi og tretetthet/lystilgang. I hver makroflate er det plassert fem permanent merkede analyseflater à 1 × 1 m på tilfeldig uttrukne posisjoner, slik at det til sammen er 50 analyseflater à 1 m² i hvert område. I Solhomfjell er det benyttet en annen metodikk for plassering av felt og ruter (R. Økland & Eilertsen 1993): Først ble åtte transekter valgt ut subjektivt for å dekke variasjonen langs de antatt viktigste lokale miljøgradientene i området. Posisjoner for 100 makroflater à 4 × 4 m ble så valgt ut tilfeldig blant 10-metersposisjoner langs transektene. I hver uttrukket makroflate ble det plassert to analyseflater, hver på 1 × 1 m, i faste posisjoner. Én analyseflate i hver makroflate er analysert ved hvert omløp og 61 av disse 100 ligger i granskog.

I alle de ni overvåkingsområdene i granskog er alle arter som forekommer i hver 1 m² analyseflate registrert med to mengdemål ved hvert omløp: (1) smårutefrekvens (T. Økland 1988); dvs. forekomst av art i hver av 16 småruter (25 × 25 cm) i hver 1 m² analyseflate (registrert alle analyseår; Figur 26), og (2) prosent dekning av arter i hver 1 m² analyseflate (vertikalprojeksjon; registrert fra og med 1989). Med få unntak er alle karplanter, moser og lav bestemt til art (se blant annet R. Økland & Eilertsen 1993, T. Økland 1996).

I etableringsåret ble det målt en rekke variabler i/ved hver analyseflate. Målingene inkluderte topografiske egenskaper og jorddybde m.m. Det ble også tatt humusprøver for jordkjemiske analyser, bestemmelse av glødetap og jordfuktighet. Analyser av humuskjemi ble også utført i 2. omløp. I makroflatene ble det også utført målinger av hvert enkelt tre; både trehøyde, kronehøyde, omkrets, kronedekning og mange tilstandsvariabler ble registrert i de tre første analyseomløpene for alle områdene (disse registreringene er videreført i Solhomfjell-området gjennom alle omløp). Tretetthet ble også registrert ved hjelp av relaskop. Det ble laget skisser av makroflatene med posisjoner for analyseflater og hvert tre (stammeposisjon og omkrets av krone). Variabler som ble målt i etableringsåret i hvert område (jordkjemiske og jordfysiske variabler, topografiske variabler og trevariabler som har innflytelse på undervegetasjonen) ble benyttet i tolkningen av vegetasjonsøkologiske gradienter, identifisert ved ordinasjonsanalyse. For flere detaljer om metodikk og typer data som er samlet inn, se T. Økland (1996), R. Økland & Eilertsen (1993) og Framstad m. fl. (2020).

Wilcoxon signed-rank test er brukt for å analysere endringer mellom analyseomløp for artsantall i flatene for forskjellige artsgrupper, endringer i enkeltartenes mengder og endringer i artssammensetning langs tolkede ordinasjonsakser (jf. T. Økland m. fl. 2001, 2004a,b). Tester er ikke utført for artsgrupper eller arter i tidsperioder hvor det ble registrert endring i færre enn fem analyseflater. For flere detaljer om statistiske analysemetoder samt tolkning av vegetasjonsøkologiske gradienter etc. i hvert område, se blant annet R. Økland og Eilertsen (1993), T. Økland (1996), T. Økland m. fl. (2004a,b).

3.3 Resultater

Nedenfor omtales noen hovedtrender i resultatene fra 32 feltsesonger fra 1988 til 2019. For detaljer i resultater av statistiske tester av endringer mellom hvert omløp og endringer fra første til siste omløp for hvert område; se blant annet T. Økland & Nordbakken (2014) og T. Økland m. fl. (2004a,b, 2013, 2015, 2016, 2017, 2019a, 2019b, 2020) og Halvorsen m. fl. (2019).

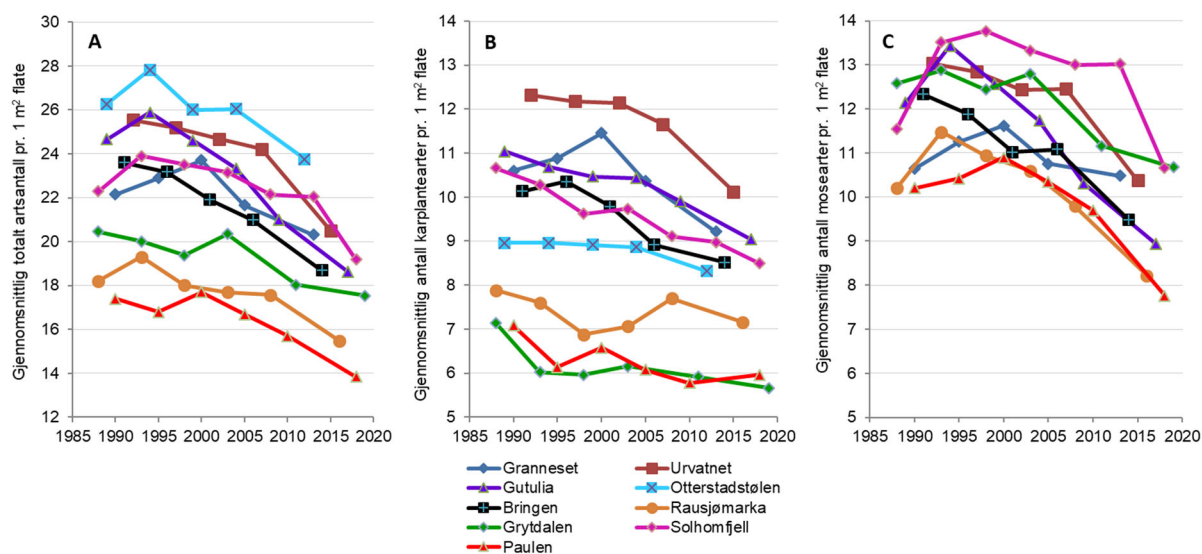
Totalt artsantall registrert i analyseflatene er betydelig redusert i de fleste av overvåkingsområdene (Tabell 12). Totalt artsantall (artstetthet) pr. 1 m² analyseflate (Figur 27 A) er også betydelig redusert fra første til siste omløp i alle de ni overvåkingsområdene; i noen av områdene med 5–6 arter i gjennomsnitt pr. 1 m² analyseflate. Reduksjonen i totalt artsantall pr. analyseflate fra første til siste omløp er statistisk signifikant ($p < 0,01$) i alle de ni områdene. Det er også blitt færre arter pr. analyseflate av både karplanter (Figur 27 B) og moser (Figur 27 C) i alle ni områdene. Reduksjonen i

antallet karplantearter i analyseflatene er statistisk signifikant ($p < 0,05$) i alle de ni områdene og reduksjonen i artsantall for moser er signifikant ($p < 0,01$) i syv av de ni overvåkingsområdene (alle unntatt Solhomfjell og Granneset). Størst reduksjon har det vært for små mosearter; antall arter av gruppen levermoser ble signifikant ($p < 0,01$) og betydelig redusert i åtte av de ni overvåkingsområdene (alle unntatt Granneset).

Tabell 12. Totalt antall arter registrert i analyseflatene pr. omløp og overvåkingsområde 1988–2019.

	1. omløp	2. omløp	3. omløp	4. omløp	5. omløp	6. omløp	7. omløp
Paulen	87	84	86	89	85	79	
Solhomfjell	123	128	127	126	121	121	119
Grytdalen	98	88	91	96	87	86	
Østmarka	87	85	88	81	84	75	
Bringen	114	105	104	101	101		
Otterstadstølen	126	126	118	116	104		
Gutulia	124	124	120	113	112	98	
Urvatnet	103	103	101	99	85		
Granneset	102	100	105	96	101		

Statistiske tester av enkeltartenes mengder er utført for alle arter og tidsperioder med mengdeendring i minst fem analyseflater. Disse testene har vist at det også blir signifikant mindre, målt som smårutfrekvens og/eller prosent dekning, av mange plantearter; både karplanter og kryptogamer, deriblant mange urter, karsporeplanter og moser. Bregnen fugleteig (*Gymnocarpium dryopteris*, Figur 28) er ett eksempel på en art som ble signifikant redusert ($p < 0,01$) målt som smårutfrekvens fra første til (hittil) siste omløp; i seks av de åtte områdene der mengdeendring kunne testes. I flere av områdene er det også blitt signifikant mindre av dvergbusker som blåbær (*Vaccinium myrtillus*; signifikant redusert i fire områder; $p < 0,01$) og tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*; signifikant redusert i fem områder; $p < 0,01$).



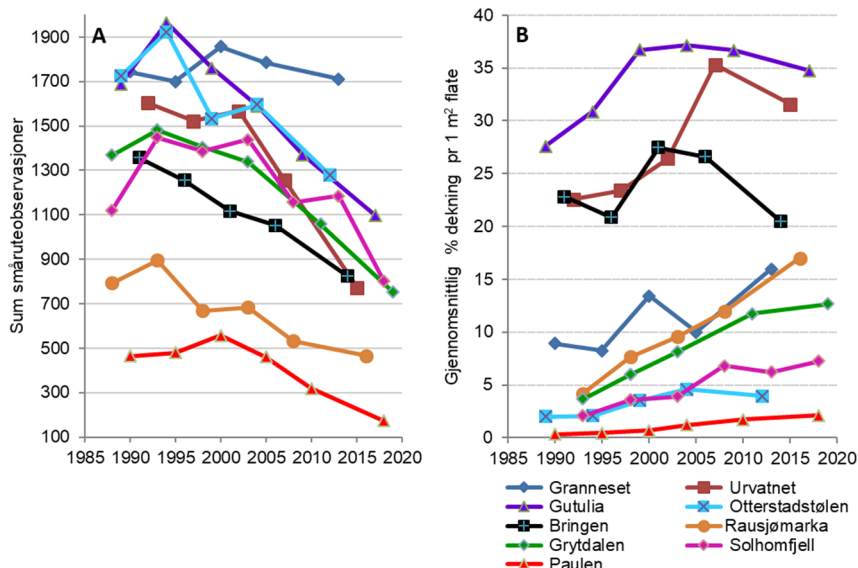
Figur 27. Utvikling i (A) gjennomsnittlig totalt artsantall, (B) gjennomsnittlig antall karplantearter og (C) gjennomsnittlig antall arter av moser pr. 1 m² analyseflate i de ni overvåkingsområdene.



Figur 28. Fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*). Foto: John Y. Larsson.

Det er blitt signifikant mindre av mange levermoser i overvåkingsområdene, målt som smårute-frekvens. Figur 29 A viser at totalt antall småruteobservasjoner for alle registrerte levermoser i hvert overvåkingsområde er betydelig redusert i alle de ni områdene gjennom overvåkingsperioden.

Få arter har økt signifikant i mengde i overvåkingsområdene, men en felles trend er at én eller noen få av de største skogsmosene (store bladmoser og torvmoser) har økt signifikant gjennom overvåkingsperioden i alle overvåkingsområdene. Et eksempel er etasjemose (*Hylocomium splendens*; Figur 29 B), som har økt betydelig målt som prosent dekning i flatene. Økningen fra første til siste analyseomløp er signifikant ($p < 0,01$) i syv av de ni overvåkingsområdene. Andre eksempler på store skogsmoser som har økt signifikant i mengde, målt som smårutefrekvens og/eller prosent dekning, i ett eller flere av områdene, er blanksigd (*Dicranum majus*), fjærmose (*Ptilium crista-castensis*), kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*) og torvmosearter (*Sphagnum* spp.).



Figur 29. (A) Utvikling gjennom overvåkingsperioden i totalt antall småruteobservasjoner for levermoser i de ni overvåkingsområdene. For Solhomfjell er det omregnet tilsvarende 50 analyseflater. (B) Utvikling i gjennomsnittlig prosent dekning av etasjemose (*Hylocomium splendens*) i analyseflatene i de ni overvåkingsområdene

3.4 Diskusjon

Flere faktorer, både naturlige og menneskeskapte, har trolig samvirket og bidratt til de betydelige reduksjonene i artsantall og mengdeendringene for arter. Klimaet har endret seg gjennom overvåkingsperioden; temperatursum og vekstsesong har økt signifikant eller nær signifikant i alle granskogsområdene unntatt i Solhomfjell (Framstad 2020). Data fra meteorologiske stasjoner nærmest overvåkingsområdene viser at middeltemperaturen gjennom året har økt, og at den i høstmånedene fra ca. midten av 1990-tallet har ligget betydelig over 30-årsnormalen 1961–1990 i de fleste av områdene. En hovedhypotese er at temperaturøkningen har favorisert store skogsmoser, som kan vokse og formere seg vegetativt ned til lave temperaturer (0° C eller lavere for enkelte arter; jf. Glime 2017) forutsatt nok tilgang på fuktighet; økt høsttemperatur og derved lengre vekstsesong har bidratt til fortetting av skogbunnen og at små arter lettere har blitt overvokst av større moser. Hypotesen støttes av dataene fra de årlige etasjemoseundersøkelsene som fortsatt pågår i sju områder (alle unntatt Bringen og Urvatnet). Temperaturøkningen har også falt sammen med at det har vært få eller ingen smågnagertoppår i overvåkingsområdene etter ca. 1990. Dette har også bidratt til fortetting i skogbunnen, i og med at smågnagere i toppår bidrar til å åpne opp bunnsjiktet og derved skape åpninger der både små moser og karplanter lettere kan etablere seg (Ericson 1977). Vårfrost etter milde perioder på sen vinteren har trolig også bidratt til vegetasjonsendringene; vi har for eksempel sett at tyttebær har vært tydelig skadet pga. frosttørke (T. Økland m. fl. 2016). For flere detaljer om klimautviklingen i granskogsområdene i TOV, se T. Økland m. fl. (2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019a, 2019b) og Framstad (2020).

Skogøkosystemet styres av mange samvirkende faktorer. Flere andre faktorer enn de som er nevnt over kan derfor ha bidratt til de observerte endringene i skogsvegetasjonen. Alle de undersøkte skogområdene hadde i utgangspunktet gamle skogbestand (se blant annet T. Økland 1996), men i løpet av overvåkingsperioden har trærne blitt enda eldre og trærnes innflytelse på undervegetasjonen kan derfor ha endret seg. Jordkjemiske egenskaper har trolig også endret seg i løpet av overvåkingsperioden, blant annet på grunn av endringer i langtransportert forurensning (spesielt reduksjon i nitrogendeposisjon) og endringer i tresjiktet (jf. Tamm & Hallbäcken 1988). Nye undersøkelser av trær har (med unntak for Solhomfjell) ikke vært utført etter tredje omløp og nye jordkjemiske undersøkelser har ikke vært utført etter annet omløp pga. manglende finansiering. Det er heller ikke gjort undersøkelser av betydningen av samvirkning mellom karplanter og moser i disse områdene; for eksempel betydningen av økt dekning av store skogsmoser i bunnsjiktet for karplantenes etablering og overlevelse. Slike undersøkelser er viktige for å klarlegge de komplekse årsaksforholdene til de betydelige endringene vi har påvist, selv om klimaendringene gjennom overvåkingsperioden med stor sannsynlighet har bidratt vesentlig.

Litteraturreferanser

- Austnes, K., Lund, E., Sample, J.E., Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Aas, W. 2018. Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge. Oppdatering med perioden 2012–2016. NIVA Rapport 7239-2018, Miljødirektoratet M-966 | 2018.
- Framstad, E. (red.) 2020. Terrestrisk naturovervåking i 2019: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1800.
- Ericson, L. 1977. The influence of voles and lemmings on the vegetation in a coniferous forest during a 4-year period in northern Sweden. *Wahlenbergia* 4: 1-114.
- Framstad, E., Bakkestuen, V., Halvorsen, R., Kålås, J.A., Myklebost, H., Nilsen, E., Olsen, S.L., Pedersen, B., Stokke, B. & Økland, T. 2020. Program for terrestrisk naturovervåking (TOV). Dokumentasjon av overvåkingsområder, metoder og data. NINA Rapport 1827.
- Falkengren-Grerup, U. 1986. Soil acidification and vegetation changes in deciduous forest in southern Sweden. *Oecologia* 70: 339-347.

- Glime, J.M. 2017. Temperature: Effects. Chapt. 10-1. In: Glime, J.M. Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. 10-1-1 Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 13 March 2017 and available at <http://digi-talcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology>.
- Halvorsen, R. 2019. Populasjonsundersøkelser av etasjemose i sju overvåkingsområder i granskog – resultater 2018 I: Framstad, E. (red.) 2019. Terrestrisk naturovervåking i 2018: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1692: 103 – 118.
- Halvorsen, R., Bratli, H. & Wollan, A.K. 2019. Vegetasjonsundersøkelser av boreal barskog i Solhomfjell 2018. I: Framstad, E. (red.) 2019. Terrestrisk naturovervåking i 2018: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1692: 46 - 79.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens Kartverk. Hønefoss.
- Rørå, A., Kvamme, H., Larsson, J.Y., Nyborg, A. & Økland, T. 1988. Rapport 1988. Program "Overvåking av skogens sunnhetstilstand". NIJOS, Ås.
- Tamm CO, Hallbäck L 1988. Changes in soil acidity in two forest areas with different acid deposition: 1920s to 1980s. *Ambio* 17:56–61
- Tørseth, K. & Semb, A. 1997. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1992-1996. NIVA Rapport 1997.
- Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1993. Vegetation-environment relationships of boreal coniferous forests in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. *Sommerfeltia* 16.
- Økland, T. 1988. An ecological approach to the investigation of a beech forest in Vestfold, SE Norway. *Nordic Journal of Botany* 8: 375-407.
- Økland, T. 1990. Vegetational and ecological monitoring of boreal forests in Norway. I. Rausjømarka in Akershus county, SE Norway. *Sommerfeltia* 10.
- Økland, T. 1996. Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. *Sommerfeltia* 22.
- Økland, T. & Nordbakken, J.F. 2014. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Granneset 2013. I: Framstad, E. (red) Terrestrisk naturovervåking i 2013: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1036: 34-43.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2001. Vegetasjonsendringer i Nasjonalt nettverk av flater for intensivovervåking i skog. NIJOS Rapport 08/01.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2004a. Changes in forest understory vegetation in Norway related to long-term soil acidification and climate change. *Journal of Vegetation Science* 15: 437-448.
- Økland, T., Økland, R.H., Bratli, H. & Eilertsen, E. 2004b. Nasjonalt nettverk av flater for intensivovervåking i skog: Endringer i planteartsmangfold i granskog i perioden 1988-2002. NIJOS Rapport 06/2004.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Røsberg, I. 2013. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Otterstadstølen naturreservat i 2012. I: Framstad, E. (red.) 2013. Terrestrisk naturovervåking i 2012: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 952: 27-37.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Røsberg, I. 2015. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Bringen naturreservat i Vassfaret i 2014. I: Framstad, E. (red) Terrestrisk naturovervåking i 2014: Markvegetasjon, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1186: 17-24.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Engan, G. 2016. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Urvatnet naturreservat i 2015 i Sør-Trøndelag. I: Framstad, E. (red) Terrestrisk naturovervåking i 2015: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1279: 31-47.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Engan, G. 2017. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Rausjømarka i Østmarka naturreservat i 2016. I: Framstad, E. (red.) 2017. Terrestrisk naturovervåking i 2016: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1376: 36-48.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Engan, G. & Røsberg, I. 2019a. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Gutulia nasjonalpark i 2017. I: Framstad, E. (red.) 2019: Terrestrisk naturovervåking i 2017: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1608: 34-49.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Daugstad, K., 2019b. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Paulen naturreservat i 2018. I: Framstad, E. (red.). 2019: Terrestrisk naturovervåking i 2018: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1692: 80-95.
- Økland, T., Nordbakken, J.F. & Daugstad, K. 2020. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Grytdalen naturreservat I: Framstad, E. (red). Terrestrisk naturovervåking i 2019: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1800: 31 – 47.

4 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark

Ole Petter L. Vindstad (UiT) og Jane Uhd Jepsen (NINA)

4.1 Innledning

Periodiske utbrudd av bjørkemålere er den viktigste naturlige forstyrrelsesfaktoren i bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellbjørkeskogen lenger sør i landet. Utbrudd som berører store arealer forårsakes hovedsakelig av artene fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*) og liten frostmåler (*Operophtera brumata*), men gul frostmåler (*Agriopis aurantiaria*) kan også oppnå høye tettheter lokalt. Fjellbjørkemåleren er en stedegen art i Nord-Norge, mens historiske registreringer viser at liten frostmåler gradvis har spredt seg lenger nord og øst i regionen (Jepsen m. fl. 2008), og den forekommer i dag i stort sett hele Nord-Norge. Gul frostmåler har også spredt seg nordover i senere år (Jepsen m. fl. 2011), men nordøstgrensen for artens utbredelse per i dag er dårlig kjent. Lokalt i Sør- og Midt-Norge kan arten blek høstmåler (*Operophtera fagata*) oppnå utbruddstettheter, men det finnes hittil ingen sikre observasjoner av denne arten i Troms og Finnmark. Den er ikke å betrakte som en alvorlig skadegjører i Norge.

Bjørkemålere har store bestandssvingninger, og utbrudd av varierende geografisk omfang og alvorlighetsgrad forekommer omtrent hvert 10. år. Alvorlige utbrudd som pågår over flere år kan føre til omfattende skogskade og høy dødelighet hos bjørk.

Forskning på og bestandsovervåking av bjørkemålere har pågått i Troms siden 1999 i regi av Bjørkemålerprosjektet. Prosjektet ble etablert av UiT – Norges Arktiske Universitet og har siden 2009 vært driftet som et samarbeid mellom UiT og NINA. Aktivitetene til prosjektet faller i dag inn under skogtundramodulen i Klimaøkologisk Observasjonssystem for Arktisk Tundra (COAT, www.coat.no). Etter de voldsomme utbruddene i Nord-Norge på 2000-tallet ble forskningen utvidet til å omfatte skogskade og foryngelse i skadd og død skog (fra 2010), samt bestandsovervåking av bjørkemålere i Øst-Finnmark (fra 2015). Som følge av rapporter om alvorlige angrep av liten frostmåler på vierkratt på Varangerhalvøya i 2017 og 2018, har bestandsovervåkingen i Øst-Finnmark fra og med 2019 også blitt utvidet til å omfatte vierkratt i overgangssonene mellom fjellbjørkeskog og lavarktisk tundra. I tillegg til den feltbaserte overvåkingen gjøres det hvert år en satellittbasert utbruddskartlegging for hele Troms og Finnmark.

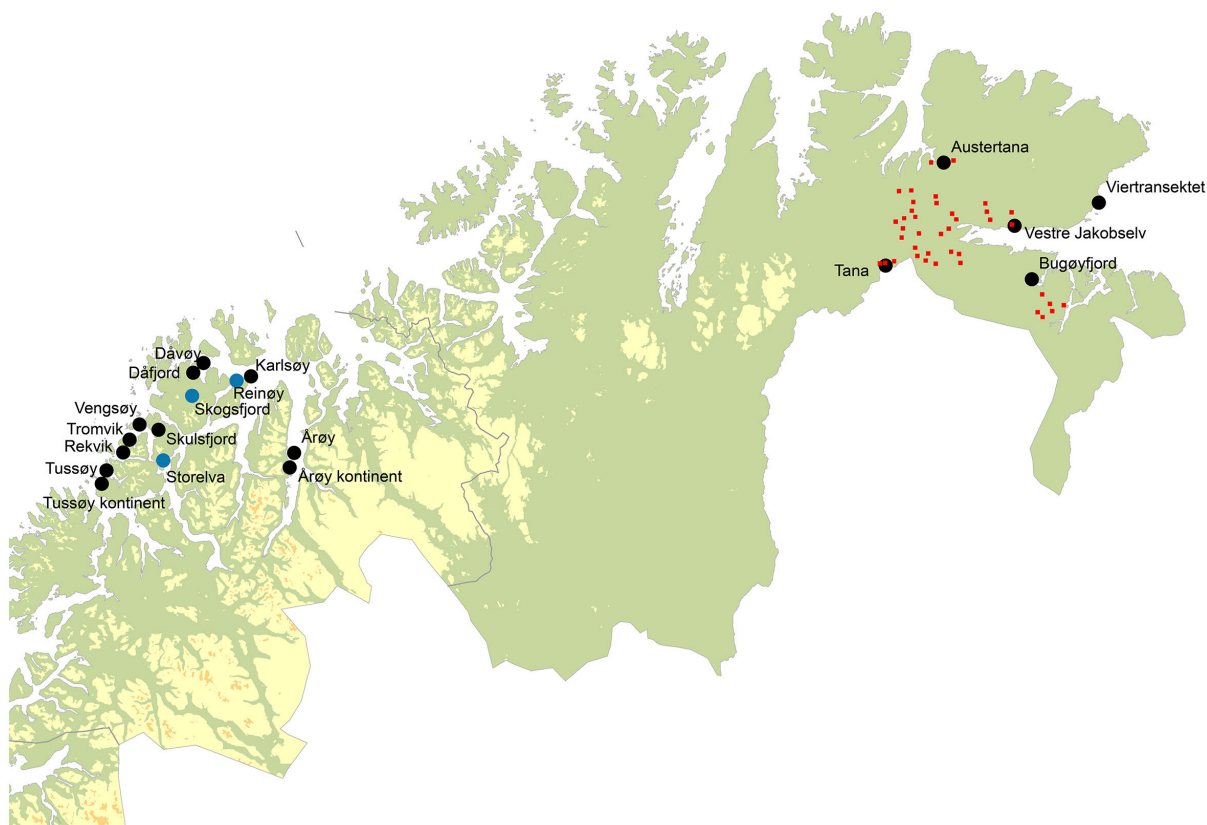
Under presenterer vi en oppdatert oversikt over bestandsutviklingen hos utbruddsartene i Troms og Finnmark, samt en kort oppsummering av årets innrapporterte skader fra www.skogskader.no. Vi viser til rapporten fra 2018 (Timmermann m. fl. 2018) for utvalgte resultater fra den satellittbaserte utbruddskartlegging og skogskadepartleggingen i Øst-Finnmark.

4.2 Metoder

4.2.1 Bestandsovervåking

Bestandsovervåkingen i bjørkeskog utføres på 288 stasjoner fordelt på 14 lokaliteter i Troms og 4 lokaliteter i Øst-Finnmark (Figur 30). På tre av lokalitetene i Troms overvåkes bestanden i høydegradienter med 40–44 replikerte stasjoner fordelt på fire høyder fra havnivå til tregrense. På de øvrige lokalitetene overvåkes bestanden langs enkle transekter med 10 replikerte stasjoner, alle på samme høyde, midtveis mellom havnivå og tregrense. Bestandsovervåking på vier i Øst-Finnmark utføres i et transekt på 28 stasjoner som løper nordøstover langs kysten fra Vadsø mot Vardø. Dette representerer en gradient fra fjellbjørkeskog til lavarktisk tundra.

All bestandsovervåking gjennomføres i henhold til samme standardiserte metodikk. Målerlarvene klekker fra egg rundt tidspunktet for bjørkas løvsprett og gjennomgår fem larvestadier før de forpupper seg i bakken. Bestandsovervåkingen tilpasses larvenes fenologi og gjennomføres når flertallet av larvene har nådd fjerde larvestadium, typisk fra midten av juni til begynnelsen av juli. På hver stasjon klippes en gren i armlengde fra hvert av 10 tilfeldig utvalgte trær og grenene bankes enkeltvis i en stor plastkasse, slik at alle larver faller ned i kassen. Larvene telles og artsbestemmes og totalt antall larver av hver art noteres (Ims m. fl. 2004).



Figur 30. Beliggenheten til de i alt 19 lokalitetene med bestandsovervåking i bjørkeskog (18 lokaliteter) og på vierkratt (1 lokalitet). Overvåkingen foregår i hhv. enkle transekter (svart) og høydegradienter (blå). Overvåkingsflater for skogskade i Øst-Finnmark er markert med små røde symboler.

4.3 Resultater

4.3.1 Bestandsovervåking

Siden oppstarten av bestandsovervåkingen i 1999 har det forekommet to bestandstopper av bjørkemålere på de fleste overvåkingslokalitetene i Troms (Figur 31). Den første av disse var en moderat topp som inntraff tidlig på 2000-tallet. Den neste toppen hadde mye høyere tettheter og inntraff i perioden 2012–2016. For regionen som helhet samstemmer dette godt med 10-års intervallet mellom bestandstopper som er typisk for skandinaviske målerbestander. I likhet med andre skandinaviske bestander viser bestandene i Troms også stor grad av geografisk synkronitet, slik at bestandstoppe oppstår omtrent samtidig på de ulike overvåkingslokalitetene. Det er imidlertid verdt å merke seg at det er betydelig variasjon mellom enkeltlokaliteter både i tidsintervallet mellom bestandstopper og grad av synkronitet med andre lokaliteter. Et annet karakteristisk fenomen som fremkommer av bestandsovervåkingen, er at topper av fjellbjørkemåleren vanligvis inntreffer 1–3 år før topper av de andre artene. Dette resulterer ofte i en samlet bestandstopp som varer i 3–4 år når artene ses under ett.

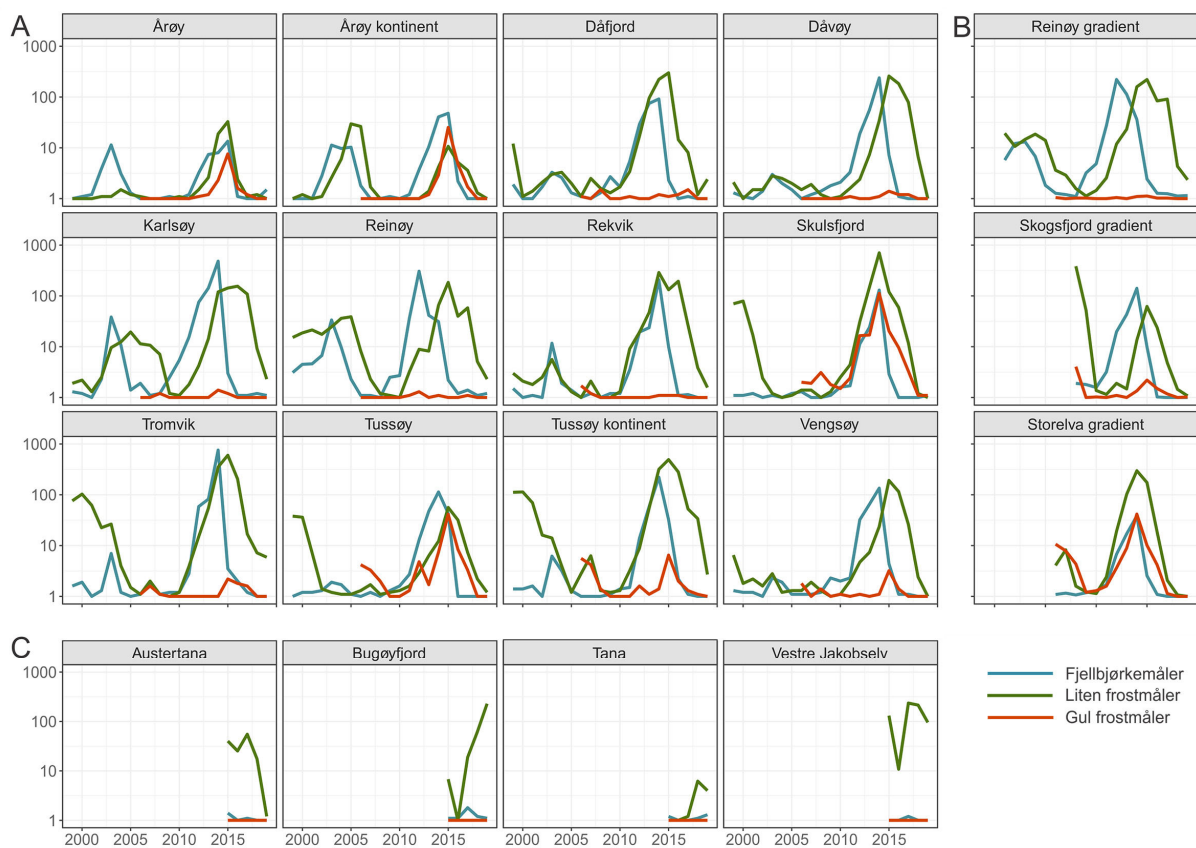
Bestandstallene fra Troms domineres av fjellbjørkemåler og liten frostmåler gjennom hele tidsserien. Gul frostmåler ble imidlertid funnet sporadisk fra 2004 og inkludert som en ny art i overvåkingen fra 2006. Arten er siden funnet på alle overvåkingslokaliteter i Troms og oppnådde tettheter som er sammenlignbare med de to andre artene på fire lokaliteter (Storelva, Årøy kontinent, Skulsfjord og Tussøy) under den siste bestandstoppen.

Det seneste utbruddet i Troms rammet hele regionen og hadde gjennomsnittstettheter på opp mot 1000 larver per stasjon (dvs. 100 per gren) på noen lokaliteter. Dette resulterte i betydelig kronetap over flere år på alle lokaliteter unntatt de to østligste (Årøy, Årøy kontinent), og forårsaket stammedødelighet særlig på lokalitetene Reinøy, Rekvik, Karlsøy, Tromvik og Skulsfjord.

Bestandstettheten av målere i Troms har vært sterkt nedadgående etter 2016, og per 2019 hadde bestandene på de fleste lokalitetene nådd et lavpunkt på under 5 larver per stasjon i gjennomsnitt for alle arter. Man kan forvente at bestandene i Troms vil holde seg på et lavt nivå i de nærmeste årene, før de etter hvert vil begynne å øke mot en ny topp.

Overvåkingsseriene for Øst-Finnmark er fortsatt for korte til at man kan si med sikkerhet hvor i syklusen bestandene befinner seg. Fjellbjørkemåleren har imidlertid vært nesten fraværende på alle fire lokaliteter i Øst-Finnmark siden overvåkingen startet i 2015 (Figur 31). Dette må tolkes som at arten har befunnet seg i lavfasen av syklusen i Øst-Finnmark i de seneste årene. Dette understøttes av at vi vet fra andre kilder at bestanden av fjellbjørkemåler i Hana nord for Varangerfjorden var gått inn i kollapsfasen av syklusen i 2015 (Klemola m. fl. 2016). Samtidig var bestanden av liten frostmåler i Hana økende. Dette samstemmer med relativt høye tettheter av sistnevnte art i 2015–2017 på de to overvåkingslokalitetene Austertana og Vestre Jakobselv, lokalisert hhv. nord og øst for Hana. Etter dette har bestanden i Austertana kollapset, mens bestanden i Vestre Jakobselv har opprettholdt tettheter på over 100 larver per stasjon i snitt, selv om bestanden også her var nedadgående fra 2018 til 2019. I Bugøyfjord (sør for Varangerfjorden) har bestanden av liten frostmåler økt kraftig i perioden 2017–2019. I 2019 resulterte dette i alvorlig kronetap i overvåkingstransektet og nærliggende områder. Det ser dermed ut til at bestandstoppen av liten frostmåler i Bugøyfjord er forsinket med 2–3 år sammenlignet med lokalitetene nord for Varangerfjorden. Dette samstemmer med resultatene fra satellittovervåking av forrige utbruddssyklus i Øst-Finnmark (2002–2008), hvor Bugøyfjordområdet var et av de siste som opplevde alvorlig kronetap (Jepsen m. fl. 2009). Vi kan dermed ha en tentativ forventning om at bestanden av liten frostmåler i Øst-Finnmark som helhet vil være nedadgående i årene som kommer.

Tellingene av målerlarver på vier i 2019 ga tetthetsestimater på opp mot 300 larver av liten frostmåler per stasjon. Dette er sammenlignbart med tetthetene som kan observeres på bjørk under et utbrudd, og tyder på at liten frostmåler kan angripe lavarktisk vier like hardt som bjørk. Høye tettheter av liten frostmåler ble imidlertid bare observert innenfor de første 20 kilometerne øst for Vadsø. Lenger ut langs gradienten mot Vardø ble det kun gjort sporadiske funn av frostmålerlarver, og ingen larver av denne arten ble funnet øst for Komagvær. Tolkningen av dette mønstret er foreløpig usikker. Det er mulig at observasjonspunktene som ligger lengst ut i gradienten er klimatisk ugunstige for liten frostmåler, og at disse punktene derfor vil fortsette å ha lave tettheter i årene som kommer. Imidlertid kan vi ikke utelukke at situasjonen i 2019 representerer et øyeblikksbilde av en spredningsfront som vil fortsette å bevege seg utover mot tundraen i årene som kommer. Flere år med data er nødvendig for å oppklare denne usikkerheten.

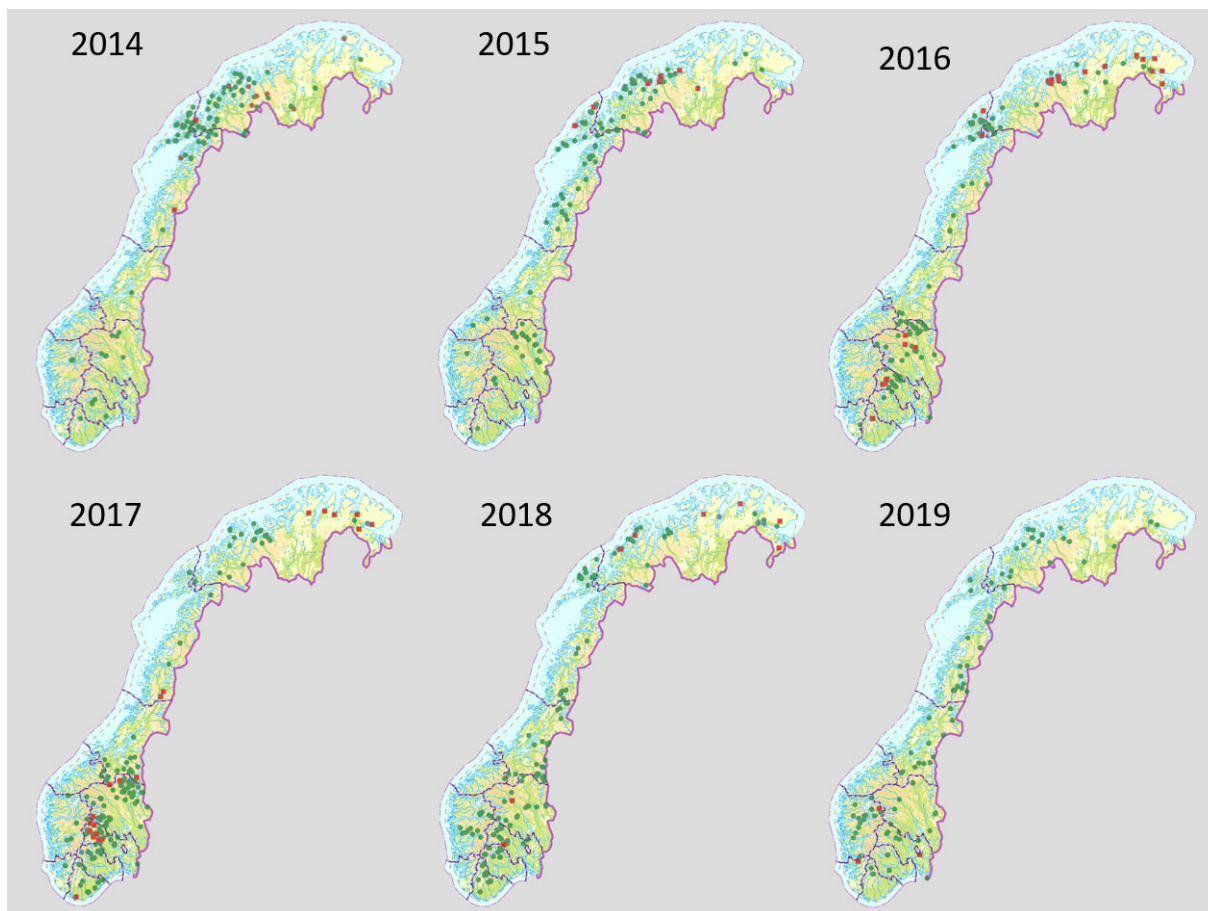


Figur 31. Bestandsovervåking. (A) Gjennomsnittlig antall larver per stasjon (logaritmisk skala) på 12 transekt i Troms, **(B)** på tre høydegradienter i Troms, og **(C)** på fire transekt i Øst-Finnmark. Transektet på Reinøy utgjør en del av høydegradienten på samme lokalitet.

4.3.2 Innrapporterte skader

I løpet av perioden 2014–2018 har hovedtyngden av skader av bjørkemålere rapportert til www.skogskader.no gradvis flyttet seg fra Nord-Norge til fjellregionene sør i landet (Figur 32). Rapportene i Nord-Norge tidlig i perioden sammenfaller med den seneste bestandstoppen som ble fanget opp av bestandsovervåkingen i Troms i 2012–2016, mens rapportene fra fjellet i sør må antas å representere en noe senere topp lenger sør i landet. I 2019 har imidlertid tettheten av rapporter avtatt betraktelig også i fjellet i sør. Dette tyder på at målerbestandene nå er nedadgående eller lave i det meste av landet. Totalt ble skader av bjørkemålere innrapportert 97 ganger i 2019, sammenlignet med 145 ganger i 2018.

De fleste observasjonene til www.skogskader.no er rapportert av Landsskogtakseringen. Det er viktig å være klar over at disse observasjonene ikke nødvendigvis representerer årets skader, da Landsskogtakseringens flater ikke besøkes årlig og skader som registreres på bestandsnivå kan være akkumulert over flere år. Landsskogtakseringens overvåking av enkelttrær gir et tydeligere bilde av årets situasjon, da man her også registrerer skader på blader, som nødvendigvis må være påført i inneværende år. I tillegg registreres skader på kvist, grener og topp, som kan være akkumulert over flere år. I 2019 ble det registrert skader av målere på totalt 278 trær, hvorav 90 % var bjørk (Tabell 13). 192 av disse trærne hadde skader på blader, mens de resterende 86 hadde skader på kvist, gren eller topp. Totalt antall trær med skader er nesten halvert sammenlignet med 2018, og den største prosentvise reduksjonen ses i antall trær med skade på blader. Dette tyder igjen på at målerbestandene er nedadgående for landet som helhet. I samsvar med rapportene til www.skogskader.no har den sterkeste nedgangen i antall trær med skader funnet sted i sørlige halvdel av landet.



Figur 32. Den geografiske fordelingen av innrapporterte skader etter målerangrep på www.skogskader.no for årene 2014–2019.

Tabell 13. Antall trær (%) med skader etter målere i 2019 fordelt på landsdel og skadetype i Landsskogtakseringens overvåkingsflater.

	Antall trær (%) med skader på blader	Antall trær (%) med skader på kvist, grener og topp	Totalt
Østlandet	54 (100%)	0 (0%)	54
Sørlandet	7 (50%)	7 (50%)	14
Vestlandet	54 (100%)	0 (0%)	54
Midt-Norge	55 (100%)	0 (0%)	55
Nord-Norge	50 (44%)	64 (56%)	114
Hele landet	192 (69%)	86 (31%)	278

4.4 Diskusjon

Bjørkeskogen både i Nord-Norge og i fjellregionene i sørlige halvdel av landet har opplevd betydelige utbrudd av bjørkemålere i løpet av de siste 6–7 årene. Bildet som tegner seg fra årets overvåkingsdata er imidlertid at bestandene nå er i tilbakegang for landet sett som helhet. I Troms har målerbestandene allerede nådd et bunnpunkt, mens en tydelig nedgang i antall rapporterte skader fra fjellet i sør vitner om at bestandene er nedadgående også der. Vi forventer derfor at skogen i meste-parten av Norge vil oppleve begrenset påvirkning fra målere i årene som kommer.

Utbrudd av bjørkemålere, både i Nord-Norge og i fjellet i sør, har forekommet langt tilbake i tid (Tenow 1972), og er en naturlig del av fjellbjørkeskogens dynamikk. Også historiske utbrudd har

forårsaket omfattede dødelighet i bjørkeskogen f. eks. på 1960-tallet der store arealer av bjørkeskog nord i Finland, Sverige og Norge ble drept av et utbrudd av fjellbjørkemåler (Tenow 1972). Med et mildere klima er imidlertid dette systemet i endring. Liten frostmåler og gul frostmåler har ekspandert utbruddsområdene sine stadig lenger nordover og østover, og dette har ledet til mer artsrike samfunn av utbruddsarter både i Troms og Øst-Finnmark. Dermed må vi også forvente mer skade på skogen. Dette skyldes særlig den karakteristiske tidsforskyvningen mellom bestandstopper av fjellbjørkemåler og liten frostmåler, som fører til at skogen utsettes for mer langvarige utbrudd når de to artene opptrer sammen.

En annen konsekvens av at sørlige målerarter ekspanderer er at nye vegetasjonstyper i nordlige systemer kan komme under angrep. De omfattende målerangrepene på vierkratt på Varangerhalvøya i senere år er, så vidt vi kjenner til, et nytt fenomen som har oppstått etter at liten frostmåler etablerte seg som utbruddsart i regionen. Liten frostmåler er kjent for å benytte seg av et bredt spekter av vertsplanter, og kan dermed ha bedre forutsetninger enn den stedegne fjellbjørkemåleren for å utnytte vier som en alternativ vertsplante til bjørk.

For å forstå dynamikken til et system som er i endring er det viktig at overvåkingen er både langsiktig og tilpasningsdyktig (adaptiv). De langsiktige larvetidsseriene i Troms har tillatt oss å dokumentere etablering og spredning av gul frostmåler i denne studieregionen, og kan også hjelpe oss til å fange opp etableringen av eventuelle andre nye arter i fremtiden. Samtidig har de voldsomme utbruddene i Øst-Finnmark i de siste to tiårene gjorde det nødvendig å sette større fokus på målernes effekt på skogen, og utvide overvåkingen til å omfatte også skoghelse. I 2019 ekspanderte vi også bestandsovervåkingen til vierkratt, for å holde oppsyn med de nye utbruddene i denne vegetasjonstypen. I sistnevnte tilfelle har vi også brukt eksperimenter for å oppklare sentrale usikkerhetsmomenter som knytter seg til disse utbruddene. På denne måten har vi blant annet vist at liten frostmåler kan gjennomføre hele livssyklusen sin på lavarktisk vier, og dermed antageligvis er i stand til å ha utbrudd selv i rene vierkratt langt fra bjørkeskog.

Bestandsovervåking er ressurskrevende og kan nødvendigvis ikke foregå overalt. Høsten 2017 appellerte vi derfor til allmenheten om å delta i en kampanje (www.malerjakt.no), der man ved hjelp av en enkel mobil-app kan registrere og dokumentere nye funn av gul frostmåler i Nord-Norge. Ambisjonen er at dette skal bli en årlig kampanje noen uker hver høst når de voksne målerne er på vingene. Fordi målerbestandene i Troms har vært lave i de siste årene har appen så langt gitt begrensede resultater, men på sikt håper vi at den kan hjelpe oss både med å overvåke spredningen av gul frostmåler lenger nord og inn i landet, og med å fange opp nye lokaliteter der det kan være relevant å etablere bestandsovervåking.

Litteraturreferanser

- Ims, R. A., N. G. Yoccoz, S. B. Hagen. 2004. 'Do sub-Arctic winter moth populations in coastal birch forest exhibit spatially synchronous dynamics?', *Journal of Animal Ecology*, 73: 1129-36.
- Jepsen, J. U., L. Kapari, S. B. Hagen, T. Schott, O. P. L. Vindstad, A. C. Nilssen, R. A. Ims. 2011. 'Rapid northwards expansion of a forest insect pest attributed to spring phenology matching with sub-Arctic birch', *Global Change Biology*, 17: 2071-83.
- Jepsen, J.U., S.B. Hagen, R.A. Ims, N.G. Yoccoz. 2008. 'Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in sub-arctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion', *Journal of Animal Ecology*, 77: 257-64.
- Jepsen, J.U., S.B. Hagen, S.R. Karlsen, R.A. Ims. 2009. 'Phase-dependent outbreak dynamics of geometrid moth linked to host plant phenology', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 4119-28.
- Klemola, T., T. Andresson, K. Ruohomäki. 2016. 'No regulatory role for adult predation in cyclic population dynamics of the autumnal moth, *Epirrita autumnata*', *Ecological Entomology*, 41: 582-89.
- Tenow, O. 1972. 'The outbreaks of *Oporinia autumnata* Bkh. and *Operophtera* spp. (Lep., Geometridae) in the Scandinavian mountain chain and Northern Finland 1862-1968.', *Zoologiska Bidrag från Uppsala, Suppl.* 2: 1-107.

Timmermann, V., K. Andreassen, M.B. Brurberg, N. Clarke, M.-L. Herrero, J.U. Jepsen, H. Solheim, G.M. Strømeng, V. Talgø, O.P.L. Vindstad, G. Wollebæk, B. Økland, and W. Aas. 2018. "Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2017. The state of health of Norwegian forests. Results from the national forest damage monitoring 2017." NIBIO Rapport 4(102) 2018. Norsk institutt for bioøkonomi.

5 Barkbilleovervåkingen – Sesongutvikling av barkbillepopulasjonene i 2019

Bjørn Økland og Andreas Myki Beachell (NIBIO)

5.1 Innledning

Overvåkingen av stor granbarkbille (*Ips typographus* L.) har til formål å varsle den lokale skogforvaltningen når barkbillepopulasjonene blir alarmerende store. Overvåkingen er viktig fordi mengden av biller ofte er en viktig faktor for om barkbilleutbrudd utløses. Kommunenes oppgaver i overvåkingen er hjemlet i skogbruksloven §9 og forskrift om bærekraftig skogbruk §10 (www.lovdatab.no). Den første overvåkingsrapporten etter 2019-sesongen ble publisert høsten 2019, slik at datagrunnlag og vurderinger skulle være tilgjengelig for den lokale skogbruksforvaltningen i planleggingen av vinterens avvirkning (Økland m. fl. 2019a). Denne rapporten kan lastes ned fra hjemmesiden til Barkbilleovervåkingen ved NIBIO (www.nibio.no/barkbilleovervaking).

Overvåkingen gir imidlertid datagrunnlag for mer detaljerte analyser som benyttes som et tillegg i den årlige rapporten, og det er disse resultatene som presenteres her. Situasjonen endrer seg fortløpende, og det er viktig å være oppmerksom på at resultatene i dette rapportkapittelet ikke sier noe om situasjonen i 2020.

Stor granbarkbille, *Ips typographus* (Linnaeus, 1758), regnes blant de verste insektskadegjørerne i europeiske barskoger (Hlásny m. fl. 2019). Den har hatt gjentatte utbrudd i flere land, og i perioden 1950–2000 drepte den mer enn 150 millioner kubikkmeter gran i Europa (Schelhaas m. fl. 2003, Økland m. fl. 2012). Etter flere år med varme og tørke har flere land i Europa hatt betydelige angrep av granbarkbillen. I land som for eksempel Tsjekkia, Slovakia og Tyskland har billeskadene vært svært store de siste par årene. Områder sør og øst i Sverige har hatt svært høye fangstverdier og billeskader i årene som har gått. Også i Norge er stor granbarkbille den insektarten som angriper og dreper flest grantrær under perioder med utbrudd. Det har ikke vært barkbilleutbrudd i Norge i de siste årene, men under barkbilleutbruddene på 1970-tallet ble det drept gran til en verdi av rundt 2,3 milliarder kroner på Østlandet (basert på tømmerpriser i 2016). I de nordlige områdene med gran i Trøndelag og Helgeland er det ikke kjent noen tidligere barkbilleutbrudd.

I Norge har stor granbarkbille vært overvåket årlig siden 1979. Denne overvåkingen er nå den mest omfattende felleovervåkingen av stor granbarkbille i verden. Denne arten formerer seg primært i ferske vindfall og andre former for døde og svekkete grantrær. Når billetettheten er lav, vil ikke billene og deres medfølgende blåvedsopper være i stand til å kolonisere levende trær på grunn av trærnes effektive forsvarsmekanismer (Krokene 2015). Store vindfelling og tørkeperioder opptrer sporadisk i tid og rom og gir bedre livsbetingelser for barkbillene. Tørke svekker trærnes motstandskraft mot angrep av billene (Netherer m. fl. 2015, Krokene 2015), og med mange biller øker muligheten for at de kan kolonisere og drepe friske trær og utløse masseangrep på levende trær (Berryman 1982, Økland m. fl. 2016). Utbrudd av stor granbarkbille kan vare flere år frem til «lageret» av svekkete trær blir brukt opp, eller tørkeperioden tar slutt og trærne gjenoppretter sin naturlige motstandskraft (Økland & Bjørnstad 2006, Kausrud m. fl. 2012).

En nær slektning av granbarkbillen, *Ips amitinus*, har spredd seg raskt mot Skandinavia i de siste tiårene. Denne arten er nå nær grensen til Nord-Norge og er gjenstand for overvåking i Sverige (Økland & Flø 2019). Den bidrar i utbrudd i Sentral- og Sør-Europa, og i fremtiden kan den bli aktuell for overvåking i Norge også (Økland m. fl. 2019b).

Varme og tørke under sommeren 2018 ga gode betingelser for formering av stor granbarkbille i Norge. En varm og lang sommer kan ha gitt mulighet til å gjennomføre to billegenerasjoner istedenfor bare

en, og dette kan estimeres ved hjelp av temperatursummer (Krokene 2011). Modellberegninger med slike temperatursummer tyder på at sesongen var tilstrekkelig lang og varm for to generasjoner i flere Østlands-fylker i 2018 (Økland m. fl. 2019a). Selv om økningene i fangstverdiene fra Barkbilleovervåkingen fra denne sesongen var moderate (Økland m. fl. 2018), kunne det tenkes at mange overvintrende biller etter en produktiv sesong ville kunne vise en betydelig økning i 2019-sesongen. I denne rapporten oppsummeres status for skaderisiko i Norge basert på vurdering av tidsseriedata fra Barkbilleovervåkingen fram til 2019. I tillegg til data fra hele perioden av overvåkingen, analyseres også data for de enkelte delene av sesongen 2019.

5.2 Metoder

Barkbilleovervåkingen inkluderer data fra grandistriktene på Østlandet, Sørlandet, Trøndelag og Nordland (Helgeland). I 2019 var det 566 barkbillefeller med feromoner fordelt på 113 kommuner (ved kommuneinndeling per 2012). Data fra tidligere år i Barkbilleovervåkingen (1979–2018) inkluderer rundt det samme antallet av barkbillefeller per år (562 barkbillefeller i 2018).

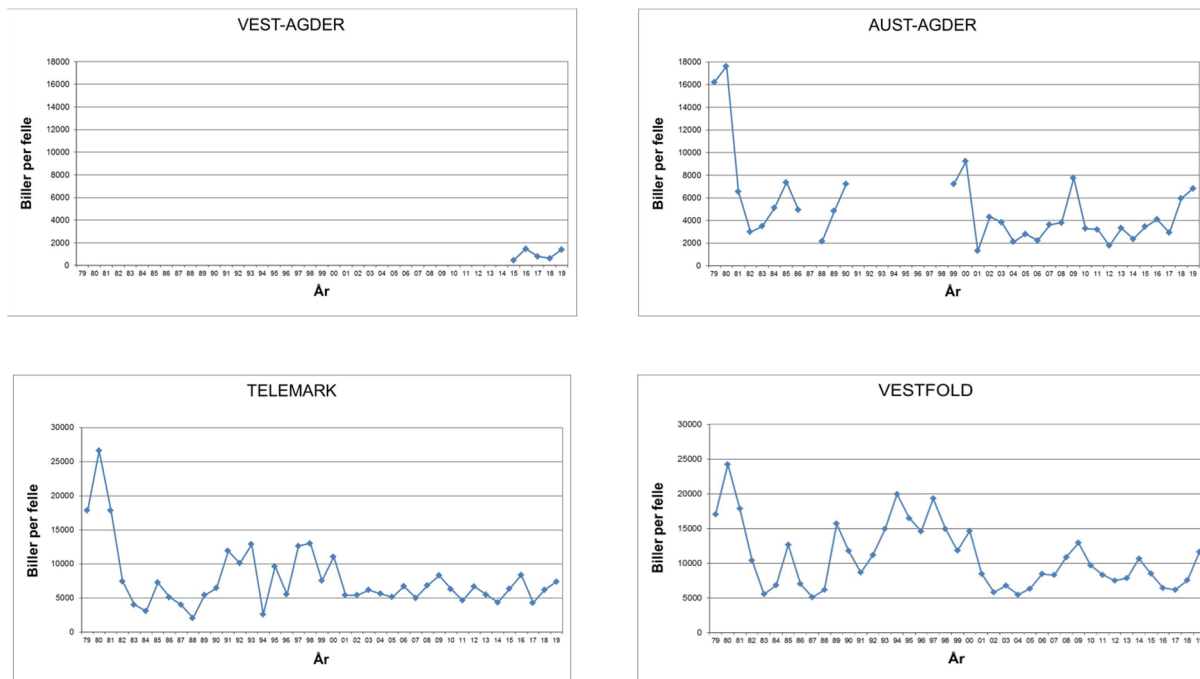
Fellestedene legges på hogstflater på minimum 2 dekar hvor det vinteren før fellelesesongen ble avvirket gran. For å unngå billeskade på nærliggende skog blir fellene alltid plassert minst 20 m fra skogkant. Hvert fellested omfattet 4 barkbillefeller plassert i hjørnene på en 3 x 3 m firkant. Når fellestedet endres i forhold til forrige år, blir det nye fellestedet plassert så nær fjorårets fellested som mulig, og på tilnærmet samme skogtype. Fellefangstene i overvåkingen blir utført med tre ulike fellemodeller, 1979-modell, 1980-modell og BEKA-feller. De fleste fellene er BEKA, men det inngår også feller av 1979- og 1980-modell. Innfasingen til ny fellestype vil fortsette etter hvert som de gamle fellene slites ut. Siden fellemodellene har ulik fangbarhet er alle fangstverdiene justert for fellestype for å kunne sammenligne fangstverdiene i tidsseriene. Fangstene i BEKA og 1979-modell ble regnet om til 1980-modell ved hjelp av funksjoner som bygger på data fra tidligere års fellesteder hvor ulike fellemodeller har vært samlokalisert (Økland m. fl. 2019a). Fangstresultatene som er brukt i barkbilleovervåkingsrapporten (Økland m. fl. 2019a) og i tidsserieanalysene i denne rapporten er basert på alle fellemodellene og omregnet til fangbarheten til 1980-modell, mens bare data fra BEKA-feller er brukt i analysene av utviklingen innenfor sesongen 2019. Alle fylker er med i tidsserieanalysene, mens data for utviklingen innenfor sesongen ikke ble sendt inn for Nordland. For at vi skal beholde mulighetene til å sammenligne med overvåkingsdata fra tidligere år, har vi valgt å bruke data for geografiske inndelinger før siste fylkessammenslåinger. Vi kaller tidligere fylkesnavn delfylker og fortsatt gjeldende fylkesnavn for fylker (nærmere informasjon om navn finnes på <https://www.nibio.no/tema/skog/barkbilleovervaking/for-deltakere-i-barkbilleovervakingen>).

Attraksjonsferomonene i fellene er de samme som billene benytter for å tilkalle artsfrender under angrep på levende trær. I hver felle var det plassert en feromondispenser med attraksjonsferomoner som tiltrekker stor granbarkbille (produsert av Kjemikonsult ANS www.kjemikonsult.no). Disse feromonene ble identifisert og kunstig syntetisert for første gang under det store utbruddet på Østlandet på 1970-tallet (Bakke m. fl. 1977). I årene som fulgte ble det utviklet fellemetodikk for fangst av granbarkbiller med feromoner (Bakke m. fl. 1983, 1985). Fellene plasseres ut før 20. april og tømmes 4 ganger, mandag eller tirsdag i ukene 21, 24, 28 og 33.

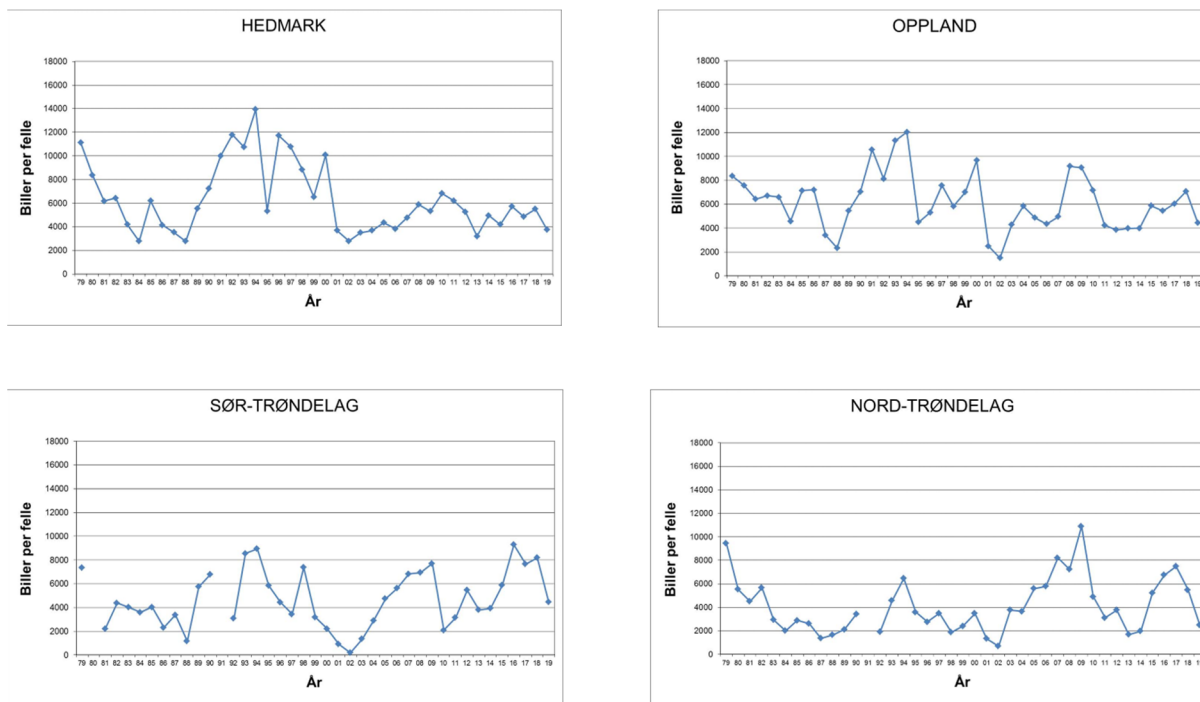
5.3 Resultater og diskusjon

Sommeren 2018 var spesielt tørr og varm, og det var derfor bekymring for at nivået av stor granbarkbille ville kunne øke i 2019. En slik økning ble imidlertid bare observert i Vestfold, Telemark og Agder (Figur 33). Økningen sammenlignet med 2018 var størst i Vest-Agder (+124 %), og dernest Vestfold (+54 %), Telemark (+19 %) og Aust-Agder (+15 %). Disse fylkene/delfylkene var også de eneste med økning når 2019-tall sammenlignes med 2017 (Økland m. fl. 2019a). Bare Vestfold hadde et gjennomsnitt over 10 000 biller per felle i 2019, hvor det ble fanget i snitt 11 610 biller per felle gjennom hele sesongen. Dette er rundt halvparten (48 %) av nivået som ble målt ved slutten av

utbruddet på 1970-tallet (24 244 per felle i 1980). Tilsvarende sammenligning med nivået ved slutten av 1970-tallsutbruddet, gir 39 % for Aust-Agder, 28 % for Telemark, mens Vest-Agder ikke var inkludert i overvåkingen ved slutten av forrige utbrudd.



Figur 33. Fangst av stor granbarkbille (snitt pr. felle) for Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark og Vestfold i perioden 1979–2019.



Figur 34. Fangst av stor granbarkbille (snitt pr. felle) for Hedmark, Oppland, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag i perioden 1979–2019.

Den generelle trenden i 2019 for alle øvrige fylker/delfylker var en nedgang i nivået av stor granbarkbille (Økland m. fl. 2019a). For eksempel var nedgangen -37 % i Oppland, -31 % i Hedmark når 2019 sammenlignes med 2018 (Figur 34). I Trøndelag har nivået av stor granbarkbille vist en økende trend i de siste 10–20 årene. Denne landsdelen har hatt vindfelling av gran og mange varme somre som har bidratt til å heve populasjonene av stor granbarkbille i denne perioden. Sør-Trøndelag hadde landets høyeste nivå i 2018, men i 2019 sank nivået til under 5 000 biller per felle og var 46 % lavere når 2019 sammenlignes med 2018 (Figur 34). Nivået gikk også betydelig ned i Nord-Trøndelag, som hadde omtrent en halvering i forhold til året før (nedgang -54 %).

Kaldt og fuktig vær under billenes fluktperiode forsommeren 2019 kan trolig forklare hvorfor det meste av landet hadde en nedgang i nivået av barkbiller i overvåkingen og at bare noen få fylker/delfylker hadde en moderat økning i denne sesongen. Det har trolig også vært medvirkende at barkbillepopulasjonene var lave ved begynnelsen av 2018-sesongen etter flere fuktige somre på Østlandet i de foregående årene. At sesongen var ugunstig for barkbillene i 2019 trer tydelig fram om vi ser på de ulike delene av denne sesongen:

I april var temperaturen 2–4 grader over normalen i flere områder (Meteorologisk institutt 2019). Dette bidro til at flukt sesong startet relativt tidlig. Dette var trolig særlig utslagsgivende i områder som generelt har noe høyere temperaturer og tidligere sesongstart enn øvrige landsdeler. I Agder og Oslofjord-området rakk trolig billene en del flukt og formering før været slo om til en kjølig værtype (Tabell 14 og Figur 35). For første periode (20. april – 21. mai) var det bare Aust-Agder, Telemark og Vestfold som hadde en vesentlig økning i billefangstene sammenlignet med året før, mens øvrige fylker/delfylker hadde nær samme nivå eller vesentlig lavere prosentverdi (Tabell 14).

Tabell 14. Antall stor granbarkbille per felle for hvert fylke/delfylke¹ i de tre første periodene av Barkbilleovervåkingen i 2019. I parentes: Lokalitetene med hhv. laveste og høyeste fangstverdi i hvert fylke/delfylke. %-kolonne: Fangstverdien for hver periode i 2019 sammenlignet i prosent av tilsvarende periode i 2018. Alle fangstverdier er basert på BEKA-feller.

Fylke/delfylke	20. april – 21. mai	%	21. mai – 11. juni	%	11. juni – 8. juli	%
Aust-Agder	3925 (1425 - 5350)	102	2624 (563 - 5500)	88	2944 (1313 - 5250)	112
Vest-Agder	549 (149 - 950)	108	913 (225 - 1600)	372	762 (267 - 1963)	83
Telemark	4953 (12 - 9250)	172	2798 (750 - 8250)	89	3197 (174 - 8125)	114
Vestfold	5909 (1250 - 9437)	120	3135 (375 - 7563)	100	4160 (1167 - 8563)	133
Buskerud	1218 (30 - 2250)	34	1556 (38 - 3500)	31	3112 (422 - 6750)	200
Østfold	1560 (312 - 4350)	33	585 (25 - 1910)	21	1243 (3 - 3188)	212
Akershus	3573 (66 - 13000)	85	2937 (145 - 7225)	52	3106 (625 - 9550)	106
Hedmark	1792 (500 - 3375)	67	1586 (138 - 4500)	43	1120 (175 - 3000)	71
Oppland	1044 (55 - 3337)	30	1580 (113 - 3500)	29	3097 (175 - 7750)	196
Sør-Trøndelag	2429 (1875 - 3500)	101	3083 (563 - 8000)	72	1613 (1125 - 2000)	52
Nord-Trøndelag	1312 (1000 - 1500)	45	1906 (1250 - 2625)	64	602 (55 - 1000)	32
Nordland	-	-	-	-	-	-

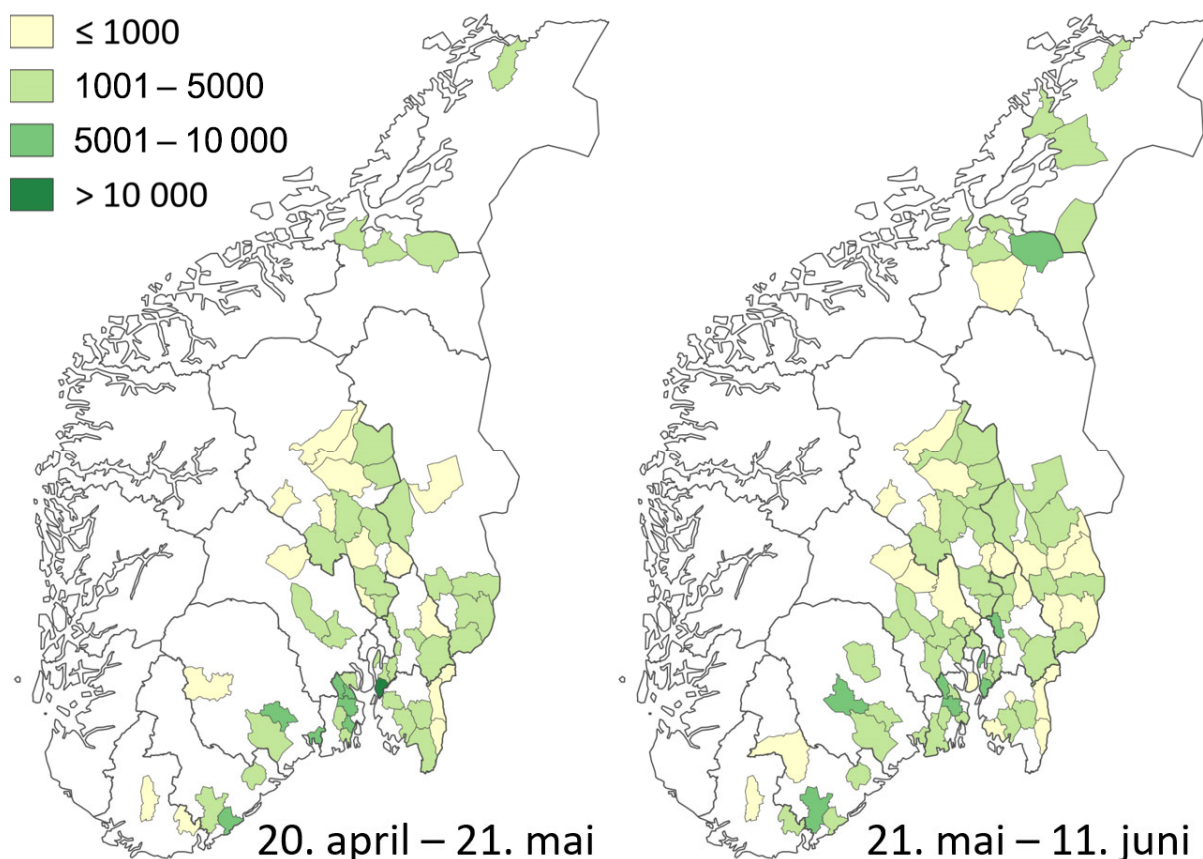
¹ Flere kommuner og fylker har blitt slått sammen de siste årene. På grunn av behovet for sammenligninger bakover i tid beholdes de opprinnelige kommune- og fylkesinndelingene før sammenslåinger videre i barkbilleovervåkingen. Vi kaller tidligere fylkesnavn delfylker og fortsatt gjeldende fylkesnavn for fylker (nærmere informasjon om navn finnes på www.nibio.no/barkbilleovervaking).

I mai fulgte en særdeles våt og kjølig periode med temperaturer under normalen for hele overvåkingsområdet. På Østlandet fikk flere stasjoner 300–400 % av den normale nedbøren (Meteorologisk institutt 2019). Dette bidro til ugunstige betingelser for billene, siden mai inngår i den viktigste perioden for flukt og formering (Figur 35). I den andre perioden (21. mai – 11. juni) hadde alle

fylkene/delfylkene lavere fangstverdier enn året før, med unntak av Vest-Agder og Vestfold. Høyeste fangstverdier for denne perioden hadde Vestfold, og dernest Sør-Trøndelag (Tabell 14).

I juni var også nedbøren langt over normalen, mens temperaturene i de ulike landsdelene var omtrent som normalen (Meteorologisk institutt 2019). Også denne måneden er viktig for billenes flukt og formering. Således var den totale fluktperioden dårlig, og det var kjølige forhold under den påfølgende perioden for utvikling av egg, larve og puppe.

Siden juli var en vesentlig varmere og tørrere måned enn månedene tidligere i sesongen (Meteorologisk institutt 2019), kunne det tenkes at det ble en forsinket fluktperiode og start av larveutvikling. Slik forsinket flukt er erfaringsmessig ugunstig og har trolig svekket formeringen av billene. Tabell 14 viser imidlertid at det var en betydelig økning for de fleste fylkene/delfylkene i landet i den tredje perioden (11. juni – 8. juli). I denne perioden har flere fylker høyere fangstverdier enn i 2018, men det må også tas i betraktning at varme og tørke i 2018 førte til rask gjennomføring av svermesesongen og dermed relativt lave fangstverdier i tredje periode 2018.



Figur 35. Antall biller per felle for hver kommune i de to første periodene av barkbilleovervåkingen i 2019.

I sesongen 2019 hadde Vestfold høyeste fangstverdi per felle (11 610 biller per felle), etterfulgt av Telemark (7 431 biller per felle) og Aust-Agder (6 834 biller per felle). Her var det også flest rapporter om tørke- og barkbilleskader i 2019-sesongen, og dessuten omfattende snøbrekk i vinteren før 2018-sesongen som indirekte kan ha bidratt til å øke nivået av stor granbarkbille (Økland m. fl. 2019c). Helhetsbildet tyder likevel ikke på utbrudd hvor stor granbarkbille masseangriper og dreper vitale trær, men snarere at billene har angrepet sekundært etter at grantrærne var sterkt svekket og eventuelt døende. Det ble rapportert om andre barkbillearter som ofte er medvirkende skadegjørere sammen med stor granbarkbille under somre med tørkestress, slik som den lille granbarkbillen (*Pityogenes*

chalcographus) og dobbeltøyet barkbille (*Polygraphus poligraphus*) (Økland m. fl. 2019c). Nærmere undersøkelser av billeangrep i snøbrekklokalteter i Vestfold (mars 2019) viste at liten granbarkbille var involvert og viktig i angrepene på de snøbrekte trærne, mens tettheten av stor granbarkbille i angrepene var relativt lav. Dette rimer med resultatene fra Barkbilleovervåkingen som viste at nivået av stor granbarkbille var redusert på grunn av flere regnfulle somre i de foregående årene og lavt ved starten av 2018-sesongen (Økland m. fl. 2019c).

At Vestfold, Telemark og Aust-Agder hadde de høyeste fangstene i året etter tørkesommeren 2018 kan også settes i sammenheng med omfattende planting av gran i tørkeutsatte lokaliteter. Disse fylkene/delfylkene tilhører til den boreonemorale vegetasjonssonen (Moen 1998), hvor klimaet er mindre ideelt for tørkeømfintlig gran under tørkeperioder. Granskog innenfor den boreale vegetasjonssonen (Moen 1998) synes imidlertid å være sjeldnere utsatt for tørke- og barkbilleskader. Denne vegetasjonssonen inkluderer de fylkene/delfylkene som hadde en nedgang i barkbillenivået i 2019, slik som Hedmark, Oppland og Trøndelag. I den boreale vegetasjonssonen er trolig ett år med tørke ikke nok til å gi barkbilleutbrudd, mens tørke over flere år på rad ville kunne berede grunnen for utbrudd også her.

I 2018-sesongen var det flere gunstige vilkår til stede for stor granbarkbille, slik som langvarig varme og tørke, og mulighet for to generasjoner. Dette var likevel ikke nok for å starte et utbrudd i 2018 og påfølgende sesong i 2019. Årsaken til dette skyldes først og fremst at populasjonene av stor granbarkbille i utgangspunktet var for lave til å starte et utbrudd når tørkeperioden kom. Billepopulasjonene trenger som regel tid og et sammenfall av flere gunstige forhold for å bygge seg opp til utbruddsnivå. Det er flere faktorer som kan bidra til at populasjonene øker. Det kan være store vindfellinginger av gran som gir masseformering av biller, varme og tørke som begunstiger flukt og formering, og dessuten tørkestress som gjør at gran lettere lar seg kolonisere av barkbillene. Tørkeperioden i 2018 var trolig for kort til å starte et barkbilleutbrudd i 2019. Et utbrudd er gjerne knyttet til langvarig tørke, hvor det er to eller flere varme og tørre somre etter hverandre. Den siste epidemien på 1970-tallet startet etter store vindfellinginger høsten 1969, og ble vedlikeholdt av flere mindre i årene som fulgte. Det var en langvarig tørkeperiode i årene 1969–1977, hvor sommernedbøren var særlig lav i årene 1974–1976 med bare en tredjedel av normalen (Worrell 1983). Lang og varm sesong øker også sjansen for at stor granbarkbille gjennomfører to generasjoner istedenfor bare en generasjon, som er det normale på våre breddegrader (Lange m. fl. 2006). To generasjoner innebærer at det kan bli to perioder med angrep og skade på skogen. I Vestfold ble det i mars 2019 observert overvintrende individer av stor granbarkbille som trolig tilhørte andre generasjon fra 2018 (Økland m. fl. 2019c). Styrken og effekten av andre angrepsperiode er trolig avhengig av flere forhold, og disse synes ikke å ha slått til i 2018-sesongen. Skogen var trolig tørkestresset og lettere å angripe på ettersommeren 2018, men populasjonene av stor granbarkbille kan ha vært for små til å gi omfattende effekt og start av utbrudd.

Litteraturreferanser

- Bakke, A., Frøyen, P. & Skattebøl, L. 1977. Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften* 64: 98.
- Bakke, A., Sæther, T. & Kvamme, T. 1983. Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus*. Pheromone and trap technology. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning [Norwegian Forest Research Institute]* 38: 1-35.
- Bakke, A. 1985. Deploying pheromone-baited traps for monitoring *Ips typographus* populations. *Journal of Applied Entomology* 99: 33-39.
- Berryman, A. A. 1982. Biological control, thresholds, and pest outbreaks. *Environmental Entomology* 11: 544–549.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M. & Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute. URL: <https://www.efi.int/publications-bank/living-bark-beetles-impacts-outlook-and-management-options>
- Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Gregoire, J.C., Erbilgin, N., Stenseth, N.C., 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews* 87, 34-51.

- Krokene, P. 2011. Granbarkbillens utviklingshastighet i liggende grantrær. Prosjekt barkbilleutvikling 2010. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 17/2011. 10 s.
- Krokene, P., 2015. Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles. In: Vega, F.E., Hofstetter, R.W. (Eds.), *Biology and ecology of native and invasive species*. Elsevier Academic Press, San Diego, pp. 177–207.
- Lange, H., Økland, B. & Krokene, P. 2006. Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change. *Interjournal for Complex Systems* 1648.
- Meteorologisk institutt 2019. Været i Norge - klimatologisk månedsoversikt. URL: <https://www.met.no/publikasjoner/met-info/met-info-2019>
- Moen, A. 1998. Nasjonal atlas for Norge. Publisert på nett under tittel «Vegetasjon», Norges geografiske oppmåling. URL: https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2010011503012 (kart over vegetasjonssoner for Norden finnes på side 92 og 94).
- Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., Pennerstorfer, J., Rosner, S., Kikuta, S., Schume, H. & Schopf, A. 2015. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist* 205: 1128-1141.
- Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9, 1620-1633.
- Worrell, R., 1983. Damage by the spruce bark beetle in south Norway 1970-80: a survey, and factors affecting its occurrence. *Meddelelser fra Norsk Institutt for skogforskning [Norwegian Forest Research Institute]* 38: 1-34.
- Økland, B. & Bjørnstad, O.N. 2006. A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87: 283-290.
- Økland, B., Krokene, P. & Lange, H. 2012. Effects of climate change on the spruce bark beetle. *ScienceNordic* January 27, 2012: 1-5. URL: www.sciencenordic.com/effects-climate-change-spruce-bark-beetle.
- Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P., Vakula, J., 2016. Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management* 363, 63-73.
- Økland, B. Wollebæk, G. & Beachell, A.M. 2018. Granbarkbillen. Registrering av bestandsstørrelsene i 2018. NIBIO Rapport 4(153). 28 s. ISBN 978-82-17-02218-3. (kan lastes ned fra www.nibio.no/barkbilleovervaking).
- Økland, B. & Flø, D. 2019. Ny barkbille på vei – vil den like klimaet? In: Timmermann, V. (ed). *Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2018*. NIBIO Rapport 5(98): 49-53.
- Økland, B. Wollebæk, G. & Beachell, A.M. 2019a. Granbarkbillen. Registrering av bestandsstørrelsene i 2019. NIBIO Rapport 5(126). 32 s. ISBN 978-82-17-02422-4. (kan lastes ned fra www.nibio.no/barkbilleovervaking).
- Økland, B., Flø, D., Schroeder, M., Zach, P., Cocos, D., Martikainen, P., Siitonen, J., Mandelshtam, M.Y., Musolin, D.L., Neuvonen, S, Vakula, J., Nikolov, C., Lindelöw, Å., Voolma, K. 2019b. Range shifts of the small spruce bark beetle *Ips amitinus* – a newcomer in Northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology* 21(3): 286-298. <https://doi.org/10.1111/afe.12331>
- Økland, B., Wollebæk, G. & Kvamme, T. 2019c. Granbarkbilleovervåking – utvikling av barkbillepopulasjonene i 2018. In: Timmermann, V. (ed). *Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2018*. NIBIO Rapport 5(98): 44-48.

6 Fremmede skadegjørere – Innførselsveier via tømmer- og trevarer

Bjørn Økland og Isabella Børja (NIBIO)

6.1 Innledning

Import av tømmer og andre treprodukter er en av de viktigste spredningsveiene for fremmede arter av insekter, sopp og nematoder i verden (Meurisse m. fl. 2019). Innførte arter har forårsaket enorme skader på skog i ulike deler av verden, og i mange tilfeller har skaden vært større i det innførte området enn der hvor arten kommer fra (Skarpaas og Økland 2009). En viktig faktor i risikoen for innførsel av slike arter er volumet av ulike former for tømmer- og trevarer som importeres fra opphavsområdet til de aktuelle skadegjørerne. Slike risikofaktorer har vært vurdert i en rekke risikovurderinger både internasjonalt i European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) og i Norge i Vitenskapskomiteen for mat- og miljø (VKM). For noen arter er disse risikoene og potensielle skade-effekter vurdert å være så store at de har blitt anbefalt for regulering som karanteneskadegjørere internasjonalt (EPPO 2019), og i noen tilfeller også i den norske plantehelseforskriften (FOR-2000). Slike reguleringer har hatt en stor betydning for å dempe risikoen for introduksjon av fremmede arter. For eksempel var det stor risiko knyttet til de store volumene av bartrevirke som ble importert til Europa fra Nord-Amerika fram til 1980-tallet. Etter at furuved-nematoden ble påvist i importerte trevarer til Finland, ble denne innførselsveien for bartrevirke regulert både i Norge (1986) og Europa for øvrig. Risikoen for introduksjon av en rekke fremmede arter med stort skadepotensiale ble betydelig lavere etter denne endringen, inkludert risikoen for å importere alvorlige skadegjørere blant de nord-amerikanske barkbilleartene på bartrær. Senere har også andre varer assosiert med andre alvorlige skogskadegjørere blitt regulert, enten ved å hindre at de importeres til Norge, eller ved å stille krav til at varen behandles slik at de aktuelle artene ikke kan følge med (for eksempel varmebehandling). Det er imidlertid fortsatt en mulighet for at slike høyrisikovarer ved feiltakelse likevel importeres til tross for reguleringene.

I denne rapporten gir vi en oversikt over spesielt alvorlige skogskadegjørere som kan bli innført dersom disse reguleringene ikke følges. For hver av artene beskriver vi skadepotensialet og hva slags trevarer og varestrømmer som kan bringe dem til Norge. For å bedømme de aktuelle varestrømmene benytter vi resultatene fra en analyse av tollstatistikk, hvor importvolum av ulike tømmer- og treprodukter fra utvalgte opphavsområder ble vurdert ut fra hvor alvorlige skogskadegjørere av insekter, nematoder og sopp finnes (Økland m. fl. 2019). Mikroorganismer (bakterier, virus) og midd ble ikke inkludert i denne analysen på grunn av manglende kapasitet, og fordi det finnes mindre kunnskap om deres effekter på skog og trær. Alle artene i oversikten er allerede regulert i norsk lovverk.

6.2 Metoder

Tollstatistikk ble benyttet for å vurdere importvolumene av tømmer og andre treprodukter som er relevante for fremmede arter som kan bli innført til norske skoger (Økland m. fl. 2019). Data ble lastet inn fra Statistikkbanken hos Statistisk Sentralbyrå (www.ssb.no). De internasjonale varestrømmene varierer betydelig fra år til år, og det var derfor nødvendig å velge statistikk fra en lang periode (1991–2017). Data i Statistikkbanken er organisert i varenumre (tolltariffnumre), hvor hvert varenummer omfatter en kategori av treprodukter (Statistisk varefortegnelse 2017). Utvalget av varenumre ble begrenset til varenumre for tømmer- og treprodukter mellom 44011000 – 44042000. Det ble valgt varer basert på treslag som hører hjemme i treslekter som også er representert i Norge, siden

fremmede arter i disse treslagene lettere kan etablere seg i Norge enn arter knyttet til andre treslag. Import fra samtlige verdensdeler og land ble inkludert.

Alle artene av sopp, insekter og nematoder som omtales i denne rapporten er allerede regulert i norsk lovverk. De aktuelle reguleringene er formulert i to forskrifter som er knyttet til to ulike lovverk:

1. Intensjonen i *Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere* (FOR-2000-12-01-1333) under *Matloven* (LOV-2003-12-19-124) er primært å hindre introduksjon og spredning av planteskadegjørere som kan gi stor skade i skog- og jordbruk, og denne forskriften har flere vedlegg som lister opp de regulerte artene og krav som stilles til disse. Arter som gjør omfattende skade i skog vil i praksis også kunne ha stor effekt på økosystemer og biomangfold. Det er Mattilsynet som har tilsynsmyndighet og ansvar for importkontroll ifølge denne forskriften.
2. *Lov om forvaltning av naturens mangfold* (LOV-2009-06-19-100) har et mål om å ta vare på naturen med dens biologiske, landskapsmessige og geologiske mangfold og økologiske prosesser. Under denne loven finnes *Forskrift om fremmede organismer* (FOR -2015-06-19-716) som har som formål å hindre innførsel, utsetting og spredning av fremmede organismer som medfører, eller kan medføre, uheldige følger for naturmangfoldet (§ 1), og det er tollmyndighetene som skal føre kontroll med at organismer ikke innføres i strid med denne forskriften.

6.3 Resultater og diskusjon

Hvert år importeres det store mengder av tømmer og treprodukter til Norge fra ulike land og verdensdeler. Uten tilstrekkelig årvåkenhet kan import av noen trevarer resultere i at det innføres fremmede arter av insekter, sopp eller nematoder med svært uheldige virkninger i norske skoger. Det er vel kjent at det er svært vanskelig å utrydde en fremmed art etter at den har ankommet og etablert seg i norsk natur. Insekter, sopp og nematoder kan spres over lange distanser både med og uten hjelp av mennesker når de først har kommet til landet, og det er svært ressurskrevende å finne alle nye spredningspunkter for å forhindre videre spredning (Økland m. fl. 2010, Bergseng m. fl. 2012).

På denne bakgrunn er det urovekkende at det importeres store volum av trevarer som er regulert i norsk lov og forskrift og som kan bringe med skogskadegjørere av sopp, insekter og nematoder. Vi presenterer her en liste over svært alvorlige skogskadegjørerne som potensielt kan følge disse vareimportene (Tabell 15).

Amerikansk bjørkepraktbille (*Agrilus anxius*) er ikke kjent fra Europa eller Asia så langt. Denne praktbillen er en svært alvorlig skadegjører på bjørk, og særlig på de asiatiske og europeiske bjørkeartene som er plantet i stort omfang i Nord-Amerika. Det er vist i eksperimenter at denne arten kan forårsake 100 % dødelighet på dunbjørk og hengebjørk – de viktigste bjørkeartene i Norge og Nord-Europa forøvrig (Nielsen m. fl. 2011). I tillegg til import av bjørketømmer og bjørkeved representerer flisimport en mulig innførselsvei for denne arten. Arten går inn i veden for forpopping og kan trolig overleve i små flisbrikker av bjørk. Den kan således overleve og bringes med blandinger av løvtreflis fra Nord-Amerika i de tilfellene det inngår bjørk i blandningene. Treflis består oftest av en blanding av ulike treslag, og det er vanskelig å kunne fastslå om store volum av løvtreflis inneholder et bestemt treslag eller ikke. Analyse av potensielt utbredelsesområde ved hjelp av MaxEnt-analyser viser at klimaet i Norge ville kunne være velegnet for amerikansk bjørkepraktbille (Flø m. fl. 2015).

Asiatisk askepraktbille (*Agrilus planipennis*) tilhører praktbillene (Buprestidae) og har sitt naturlige utbredelsesområde øst i Asia. Den kan påføre stor økonomisk og økologisk skade ved å drepe asketrær. Denne arten har blitt introdusert i USA, Canada og den europeiske delen av Russland ved import av levende trær eller pakkemateriale. I begge disse regionene har arten spredd seg svært raskt (Straw m. fl. 2013), og nylig ble det også påvist at den har spredd seg fra Russland og inn i Ukraina (Orlova-Bienkowskaja m. fl. 2019). Handel med ved og andre trevarer antas å ha bidratt til den raske spredningen internt i disse landene. Motstandsevnen varierer mellom ulike arter av ask, og de amerikanske aske-artene har vært særlig hardt rammet (Musolin m. fl. 2017, Orlova-Bienkowskaja

2019). Det er vist at denne lille arten kan overleve i flisbrikker (McCullough m. fl. 2007), og den kan således følge import av flisblandinger som inneholder ask.

Tabell 15. Liste over alvorlige skogskadegjørere av sopp, insekter og nematoder som er regulert i *Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere (FOR-2000-12-01-1333)* og *Forskrift om fremmede organismer (FOR -2015-06-19-716)*. For alle disse artene er det påvist vareimport som potensielt kan bringe arten til Norge (se høyre kolonne). Detaljert statistikk for vareimport i denne tabellen er gjengitt i Økland m. fl. (2019), og artene følger i alfabetisk rekkefølge.

Art	Skadepotensiale	Norsk import i siste tid hvor arten kan følge med
Amerikansk bjørkepraktbille (<i>Agrilus anxius</i>)	Høy dødelighet i europeisk og asiatiske bjørk. Potensiell skadegjører for bjørk i 11 tidssoner i Europa og Asia.	Løvtreflis fra USA og Canada.
Asiatisk askepraktbille (<i>Agrilus planipennis</i>)	Rask spredning og høy dødelighet på ask etter innførsel i Nord-Amerika og Russland.	Løvtrevirke fra Vietnam, Kina og Russland; løvtreflis fra Kina, Sør-Korea og USA.
Asiatisk løvtrebukk (<i>Anoplophora glabripennis</i>)	Kan drepe flere treslag av lauvtrær.	Tømmer av bjørk og andre lauvtrær fra Kina; annet lauvtrevirke fra Kina og Vietnam.
Asiatisk sitrustrebukk (<i>Anoplophora chinensis</i>)	Kan drepe flere treslag av lauvtrær, inkludert frukttrær.	Tømmer av bjørk og andre lauvtrær fra Kina; annet lauvtrevirke fra Kina og Vietnam.
<i>Bretziella fagacearum</i>	Årsak til eikevisning i USA, særlig hos "røde eiker". Kan smitte eiketrær i Europa.	Import av eiketømmer, særlig med bark, fra USA.
<i>Davidiella populorum</i>	Forårsaker kreftsår og bladskader på yngre trær, særlig på hybrid <i>Populus</i> i USA.	Import av bark eller flis fra <i>Populus</i> (osp og popler), fra USA.
<i>Dendroctonus ponderosae</i> (mountain pine beetle)	Dreper ulike arter av furu under utbrudd i Nord-Amerika, inkludert vanlig furu <i>Pinus sylvestris</i> .	Import av massevirke og skurtømmer av furu fra USA.
<i>Dendroctonus frontalis</i> (southern pine beetle)	Dreper ulike arter av furu under utbrudd i USA, inkludert vanlig furu <i>Pinus sylvestris</i> .	Import av massevirke og skurtømmer av furu fra USA.
<i>Dendroctonus rufipennis</i> (spruce beetle)	Dreper ulike arter av gran under utbrudd i Nord-Amerika.	Import av massevirke og tømmer av bartrær fra Nord-Amerika.
Furuvednematoden (<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>)	Gir visnesyke og dreper ulike arter av furu. Har gitt omfattende tredød i Japan, Kina og Portugal.	Import av ved, treflis, trespon, massevirke og tømmer av bartrær fra Nord-Amerika; bartrevirke fra Kina; treflis av bartrær fra Spania.
<i>Phellinus weirii</i>	Dreper røtter til ulike bartrær, men særlig Douglasgran i Nord-Amerika.	Import av bark fra Nord-Amerika.

Asiatisk løvtrebukk (*Anoplophora glabripennis*) er opprinnelig en øst-asiatisk bille i familien trebukker (Cerambycidae). Den har blitt innført til og er etablert i USA og Italia, mens den forsøkes utryddet etter påvisning i Canada og en rekke europeiske land. Introduksjoner av asiatisk løvtrebukk har hovedsakelig vært assosiert med pakkemateriale. I 2015 ble denne arten funnet i bjørk og selje nær et importsted for steinvarer i Finland, noe som viser at den kan trives i et nordlig klima og på treslag som er vanlig i Norge. Arten har trolig fulgt med i pakkemateriale rundt steinvarene fra Kina. Asiatisk løvtrebukk kan påføre stor økonomisk og økologisk skade ved å drepe flere treslag. Den kan leve i flere ulike løvtreslag, og kan også i noen tilfeller utvikle seg i frukttrær (eple og pære).

Asiatisk sitrustrebukk (*Anoplophora chinensis*) tilhører samme slekt og har mange fellestrekk med asiatisk løvtrebukk. Også denne trebukk-arten hører opprinnelig hjemme i den østlige delen av Asia og er svært polyfag. Den kan forårsake stor økonomisk og økologisk skade ved å drepe flere treslag av

løvtrær, og for denne arten er treslag av frukttrær oppgitt som hovedvert (eple, pære og kirsebær). Asiatisk sitrustrebukk har vært innført flere steder i USA, men er nå oppgitt som utryddet. Den regnes som etablert i et begrenset område av Italia, mens Kroatia, Frankrike og Tyrkia har utryddelsesprogrammer mot denne arten. I en rekke andre europeiske land oppgis arten som utryddet etter tidligere påvisninger. Flere av de europeiske introduksjonene har skjedd ved import av levende trær.

Bretziella fagacearum (synonym *Ceratocystis fagacearum*) er en blåvedsopp som er utbredt i USA. Den forårsaker eikevisning og angriper mange arter av eik (Wikipedia 2020). Arter i gruppen av «hvite eiker» er oftest ganske motstandsdyktige, mens artene i gruppen av «røde eiker» som regel dør relativt raskt (innen ett år) etter infeksjon. Soppen vokser i form av mycelputer under barken, og en spesiell duft fra denne soppen tiltrekker insekter. Insektene som kommer i kontakt med soppen får sporer på overflaten og kan således spre soppen videre til nye trær. Eikevisning gjør skade ved å opptre som en vaskulær sykdom i treet. Soppen etablerer seg i den ytterste delen av vedvevet (xylem), hvor den sprer seg med vannstrømmen i det vaskulære ledningsvevet. Trærnes reaksjon på soppinfeksjon er å danne utvekster (tyloser) som «demmer» opp strømmen av vann og næring i vaskulærvevet, noe som fører til visning over det infiserte stedet i treet. Soppen kan også spres mellom nabotrær ved rotsammenvoksningsprosesser, og spredningen kan dessuten være menneskehjulpel ved transport av infisert eikevirke. Trevirke av eik har vært importert fra USA i de siste årene. Denne importen representerer en fare for innførsel av *Bretziella fagacearum*, selv om omfanget har vært begrenset. Det største importvolumet fant sted i årene 1991 og 2002 (2500 m³), mens vi ser en nedadgående tendens fram til 2016 med under 50 m³. Særlig risiko er knyttet til import av grovt tilskåret trevirke med bark fra «røde eiker» eller deler av røtter som inneholder smitte.

Davidiella populorum (synonym *Mycosphaerella populorum*, *Septoria musiva* eller *Sphaerulina musiva*) er en sopp som forårsaker kreftsår på unge trær og skader på blader hos de fleste *Populus*-artene (osp og popler) i Nord-Amerika. Mens skadene er av relativt liten betydning på de stedege *Populus*-artene, oppstår de største skadene på de eksotiske hybridartene av *Populus*, og disse er også utbredt i Europa. Risiko for innførsel av soppen *Davidiella populorum* er særlig knyttet til import av trevarer med innhold av *Populus* fra østlige Nord-Amerika. Flisblandinger inneholder ofte mange treslag, og det blir gjerne brukt materiale fra svekkete trær. Risikoen er for eksempel høy ved import av bark eller flis som innehold trevirke fra *Populus* med kreftsår.

Barkbillefamilien **Scolytidae** er regulert i *Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere* (FOR-2000-12-01-1333). Reguleringen gjelder spesielt planter og plantedeler, tre med bark og isolert bark av bartrær (Coniferales) med opprinnelse i ikke-europeiske land (vedlegg 2 av forskriften). Utenfor Europa finner vi svært alvorlige skogskadegjørere i denne familien som forårsaker omfattende utbrudd i barskog. En håndfull av barkbilleartene forårsaker storskalautbrudd på bartrær i Nord-Amerika, slik som *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (mountain pine beetle), *D. frontalis* Zimmermann (southern pine beetle), *D. rufipennis* (Kirby) («spruce beetle»), *D. pseudotsugae* Hopkins (Douglas fir beetle), og *Ips perturbatus* (Eichhoff) (northern spruce engraver). Ingen av disse artene finnes naturlig i Europa eller Asia. Det verste eksempelet fra denne gruppen er trolig:

Dendroctonus ponderosae (mountain pine beetle) er årsak til tidenes største barkbilleutbrudd som har ødelagt enorme arealer av furuskog i Canada. Siden begynnelsen av 1990-tallet har 50% av det totale volumet av kontortafuru (*Pinus contorta*) i British Columbia gått med i utbruddet. Utbruddet har ekspandert både nordover og østover inn i områder med andre furuarter, som også er mottakelig for angrep. I 2017 var det totale tapet av produktiv furuskog i utbruddet 752 millioner kubikkmeter, noe som tilsvarer 60 ganger den totale årlige avvirkningen av skog i Norge. Denne arten angriper og dreper et bredt spekter av furuarter, inkludert vanlig furu (*Pinus sylvestris*), som er bartreslaget med størst volum i Nord-Europa. Per i dag er det ingen barkbilleart som forårsaker utbrudd på vanlig furu i Norge.

Furuvednematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*) har sin opprinnelse i Nord-Amerika. Nematoden ble trolig innført i Japan tidlig på 1900-tallet, men endelig beskrivelse av problemet og arten skjedde

mange år senere (EPPO 2020). Her forårsaker den store årlige tap på furuskog og regnes som det største skogproblemet. Furuvednematoden har siden blitt innført i flere asiatiske land (Kina, Taiwan og Sør-Korea) og er stadig under ekspansjon. I Portugal ble nematoden oppdaget på furu i 1999 og regnes nå som etablert. Arten er også etablert i Spania, mens mange andre land i Europa er i beredskap mot denne skogskadegjøreren. Furuvednematoden er ikke påvist i Norge så langt (Timmermann m. fl. 2017). Det er vist at furuvednematoden kan skade åtte ulike arter av furu, inkludert vanlig furu (*Pinus sylvestris*). Nematoden kan dessuten leve i en rekke andre arter av bartrær innenfor slektene av gran, edelgran, lerk, sedertre og syress, og således kan den også bli spredt ved import av tømmer- og trevarer av disse artene. Ulike arter av furubukker (*Monochamus*) som lever på bartrær tjener som vektorer for furuvednematoden og er viktige for livssyklus og spredningen av furuvednematoden.

Phellinus weirii (syn. *Coniferiporia weirii*) er en råtesopp som gjør stor skade på mange arter av bartrær i USA og Canada, hvorav Douglasgran er særlig utsatt. Denne nordamerikanske skadegjøreren er ikke påvist i Europa så langt, men finnes i Japan og Kina (EPPO 2017). Soppen infiserer hovedsakelig røtter gjennom sårene i bark, og derfra vokser den videre til både kjerneved og yteved i stammen. Smitten spres videre til nabotrær gjennom rotsammenvoksnings, og trærne vil til slutt dø fordi skader i rotsystemet hindrer opptak av vann og næring. I tillegg bidrar rotskadene til at trærne blir ustabile og utsatt for rotvelt. Selv om spredning med sporer er begrenset, kan soppsmitte i stubber overleve opp til 50 år. Denne sopparten kan importeres fra Nord-Amerika i mange former for trevirke av bartrær, men bark og røtter representerer særlig høy risiko. Etablering av *P. weirii* i de nordiske landene ville kunne føre til betydelige økonomiske tap.

Alle de alvorlige skogskadegjørerne som er beskrevet i denne oversikten er allerede regulert spesifikt i plantehelseforskriften (FOR-2000-12-01-1333). Det innebærer at tømmer- og trevarer fra opphavsområdene til disse artene enten er forbudt å importere, eller så må de aktuelle varene behandles eller importeres på en måte som hindrer at disse skadegjørerne kan følge med. Disse artene er også omfattet av Forskrift om fremmede organismer (FOR -2015-06-19-716). Denne forskriften inneholder et generelt aktsomhetsprinsipp om å «så langt det er rimelig, iverksette undersøkelser for å oppdage, og treffe forebyggende tiltak for å hindre spredning av, følgeorganismer som kan medføre risiko for uheldige følger for det biologiske mangfold».

Mye av importkontrollen er i dag basert på prøvetaking etter karanteneskadegjørere der hvor tømmer- og trevarene importeres. Mye tyder på at en overvåking som sikrer at ulovlige trevarer ikke ankommer er minst like viktig for å forebygge introduksjon av fremmede skogskadegjørere. Å stoppe innførsel av de aktuelle artene ved stikkprøver fra importsteder vil ofte ikke være en realistisk tilnærming med de store volumene av varer som importeres. Når varer ankommer i store mengder vil det i mange tilfeller være umulig å gjennomføre en prøvetaking som faktisk sikrer at arter som følger med blir påvist (Økland m. fl. 2012). En slik tilnærming gir dessuten en risiko for irreversible introduksjoner til skog nær importstedene. Når en fremmed art først har etablert seg i norsk natur er det svært vanskelig å utrydde den, fordi de kan spres lange distanser, og det er svært ressurskrevende å finne alle nye spredningspunkter for å forhindre videre spredning.

Litteraturreferanser

Bergseng, E., Økland, B., Gobakken, T., Magnusson, C., Rafoss, T. & Solberg, B. 2012. Costs of a pest invasion contingency plan – the case of Pine Wood Nematode in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27: 337-349.

EPPO 2017. *Coniferiporia weirii* (INONWE). EPPO Global Database. Distribution. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/INONWE/distribution>

- EPPO 2020. *Bursaphelenchus xylophilus*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online: <https://gd.eppo.int>
- Flø, D., Krokene, P., Økland, B. 2015. Invasion potential of *Agrilus planipennis* and other *Agrilus* beetles in Europe: import pathways of deciduous wood chips and MaxEnt analyses of potential distribution areas. EPPO Bulletin 45 (2): 259–268.
- FOR-2000-12-01-1333. Forskrift om planter og tiltak mot planteskadegjørere. Lovdata. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2000-12-01-1333>.
- FOR-2015-06-19-716. Forskrift om fremmede organismer. Lovdata. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-06-19-716>
- LOV-2003-12-19-124 Lov om matproduksjon og mattrygghet mv. (matloven). (2003-12-19). URL: www.lovdata.no
- LOV-2009-06-19-100 Lov om forvaltning av naturens mangfold. URL: www.lovdata.no
- McCullough, D.G., Poland T.M., Cappaert, D., Clark, E.L., Fraser, I., Mastro, V., Smith, S. & Pell, C. 2007. Effects of chipping, grinding, and heat on survival of emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae), in chips. Journal of Economic Entomology 100: 1304–1315.
- Meurisse, N., Rassati, D., Hurley, B.P. m. fl. 2019. Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically. Journal of Pest Science 92: 13–27. DOI:10.1007/s10340-018-0990-0.
- Nielsen, D. G., Muilenburg, V. L. & Herms, D. A. 2011. Interspecific variation in resistance of Asian, European, and North American birches (*Betula* spp.) to bronze birch borer (Coleoptera: Buprestidae). Environmental Entomology 40: 648–653.
- Musolin, D.L., Selikhovkin, A.V., Shabunin, D.A., Zviagintsev, B., Baranchikov, Y.N. 2017. Between ash dieback and emerald ash borer: two Asian invaders in Russia and the future of ash in Europe. Baltic Forestry 23(1), 316–333.
- Orlova-Bienkowskaja, M.J., Drozvalenko, A.N., Zabaluev I.A., Sazhnev, A.S., Peregodova, H.Y., Mazurov, S.G., Komarov, E.V., Andrzej, O., Bieńkowski, A.O. 2019. Bad and good news for ash trees in Europe: alien pest *Agrilus planipennis* has spread to the Ukraine and the south of European Russia, but does not kill *Fraxinus excelsior* in the forests. BioRxiv (unpublished pre-print). doi: <https://doi.org/10.1101/689240>
- Statistisk varefortegnelse 2017. URL: <https://www.ssb.no/294954/statistisk-varefortegnelse-for-utenrikshandelen-2017>.
- Straw, N.A., Williams, D.T., Kulinich, O., Gninenko, Y.I. 2013. Distribution, impact and rate of spread of emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Moscow region of Russia. Forestry. doi: 10.1093/forestry/cpt031.
- Timmermann, V., Andreassen, K., Clarke, N., Flø, D., Magnusson, C., Nordbakken, J.F., Røsberg, I., Solheim, H., Thunes, K.H., Wollebæk, G., Økland, B. & Aas, W. 2017. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2016. NIBIO Rapport 3(107). 79 s.
- Wikipedia 2020. List of *Quercus* species. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Quercus_species
- Økland, B., Skarpaas, O., Schroeder, M., Magnusson, C., Lindelöw, Å. & Thunes, K. 2010. Is eradication of the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) likely? An evaluation of current contingency plans. Risk Analysis 30(9): 1424–1439.
- Økland, B., Haack, R.A. & Wilhelmsen, G. 2012. Detection probability of forest pests in current inspection protocols - A case study of the bronze birch borer. Scandinavian Journal of Forest Research 27: 285–297.
- Økland, B., Børja, I., Solheim, H., Rahlf, J., Fløistad, I. 2019. Risiko for import av fremmede arter og brudd på tømmerforordningen – trendanalyse av importstatistikk for tømmer og treprodukter. NIBIO Rapport 5(69). 34s. URL: <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2599083>.

7 Bakteriesjukdommer på trær i Norge

Juliana Irina Spies Perminow ⁽¹⁾, May Bente Brurberg ^(1,2) og Venche Talgø ⁽¹⁾ (⁽¹⁾NIBIO, ⁽²⁾NMBU)

7.1 Innledning

Flere bakteriearter kan føre til sykdom på både urte- og treaktige planter. Dette gjelder spesielt i varmere strøk med høy luftfuktighet, men også på våre breddegrader kan angrep av bakterier gjøre stor skade. På trær har det i Norge vært mest fokus på bakterieinfeksjoner på frukttrær, men også skogstrær rammes, spesielt løvtrær.

Bakterier som infiserer planter kan skade alt fra blomster til tjukke trestammer. De er encellede organismer som formerer seg ved deling. De fleste bakterier kan, i likhet med mange sopper, dyrkes på kunstig vekstmedium (agar). Et unntak er fytoplasma, som er veggløse bakterier som lever inni silvevet til planter. De er avhengig av en vertsplante og en insektsvektor for å fullføre livssyklusen sin (obligate parasitter), og lar seg ikke dyrke på agar (Hogenhout m. fl. 2008). Fytoplasma påvirker ofte plantenes hormonbalanse og utvikling, hvilket resulterer i forskjellige typer vekstforstyrrelser. På trær kan fytoplasma for eksempel føre til heksekoster (det vil si utvekster med unormalt korte internodier og små blader) (Talgø m. fl. 2019).

I Norge har vi registrert mange forekomster av bakteriesjukdommer på treaktige vekster (lignoser). Pærebrann (*Erwinia amylovora*), som angriper mispel (*Cotoneaster* spp.) og andre slekter i rosefamilien, har vært problematisk siden 1985 (Sletten m. fl. 2017) og har lenge vært en fryktet skadegjører i den norske eple- og pæreproduksjonen.

Pseudomonas syringae er en annen bakterieart som gjør skade på frukttrær (spesielt steinfrukt), men denne bakterien angriper også flere trearter i grøntanlegg, skog og naturområder. Først og fremst er selje (*Salix caprea*) utsatt for *P. syringae* (Perminow & Talgø 2016).

Det antas at bakterier hovedsakelig spres med plantemateriale over lengre avstander og med regnsprut og/eller vinddreven nedbør lokalt. Det kan også være vektorer inne i bildet, for eksempel er det vanlig at bier er involvert i blomsterinfeksjoner ved utbrudd av pærebrann (Perminow m. fl. 2020).

Under beskrives konsekvenser bakterieangrep kan få på ulike trearter. De fleste eksemplene er hentet fra trær i parker og grøntanlegg, der mange trær ofte har opphav fra andre land. Det er en kjent sak at import av prydplanter er en potensiell smittevei for plantesjukdommer (Talgø m. fl. 2014), og det kan være et springbrett for videre spredning til skog.

7.2 Metoder

Resultatene som er presentert i dette kapitlet har fremkommet på grunnlag av analyser av plantepøver samlet inn i forbindelse med ulike prosjekter hos NIBIO eller prøver sendt inn til Planteklinikken ved NIBIO. For å kunne stille riktig diagnose, er god kjennskap til symptomer avgjørende for å kunne ta ut representative prøver.

7.2.1 Symptomer ved bakterieinfeksjon

Symptomene på bakterieangrep varierer både med bakterie-art og vertsplante. I noen tilfeller kan det være vanskelig å skille angrep av bakterier fra andre skadegjørere. Generelt er bladflekker et svært vanlig symptom ved bakterieangrep, men også døde skudd, generelt klorotisk/nekrotisk bladverk, sprekker i barken, kreftsår og noen ganger døde trær. En sjelden gang forekommer også heksekoster på noen plantearter. Bladflekker forårsaket av bakterier er ofte omgitt av en typisk gul sone (halo). Fra bark, barksprekker og kreftsår vil det i noen tilfeller tyte ut bakterieslim, men man ser oftere mørke, til dels rustfargede flekker i barken og noen ganger sterk utflod. Det siste skyldes at bakterien ødelegger

ledningsvevet slik at transporten av vann, næring og fotosynteseprodukter blokkeres. Trykket vil da bygge seg opp og føre til at plantesaftene presses ut gjennom barken. Dette symptomet kan lett forveksles med angrep av *Phytophthora* spp. (Talgø m. fl. 2019). På *Prunus*-arter ser man ofte gummiflod ved bakterieangrep, noe som er en forsvarsreaksjon fra treet mot skadegjøreren (i likhet med kvaeutflod på bartrær). Figur 36 viser noen klassiske symptomer og tegn på bakterieangrep.



Figur 36. Typiske symptomer og tegn som kan oppstå når busker og trær angripes av bakterier; (A) bladflekker omringet av en gul sone/halo [*Pseudomonas syringae* på vanlig syrin (*Syringa vulgaris*)], (B) hengende skudd der bakterien sprer seg via ledningsvevet fra bladstilken og utover i bladplata [*Erwinia amylovora* på eple (*Malus domestica*)], (C) kreftsår på stamme [*P. syringae* subsp. *savastanoi* pv. *fraxini* på vanlig ask (*Fraxinus excelsior*) - foto er tatt i Nederland, men tilsvarende symptomer er observert i Norge], (D) bakteriedråper (eksudat) som tyter ut gjennom barken [*E. amylovora* på bulkemispel (*Cotoneaster bullatus*)] og (E) gummiflod [*P. syringae* på søtkirsebær (*Prunus avium*)]. Foto: Venche Talgø (A, B, C, E) og Brita Toppe (D).

7.2.2 Isolering og identifisering

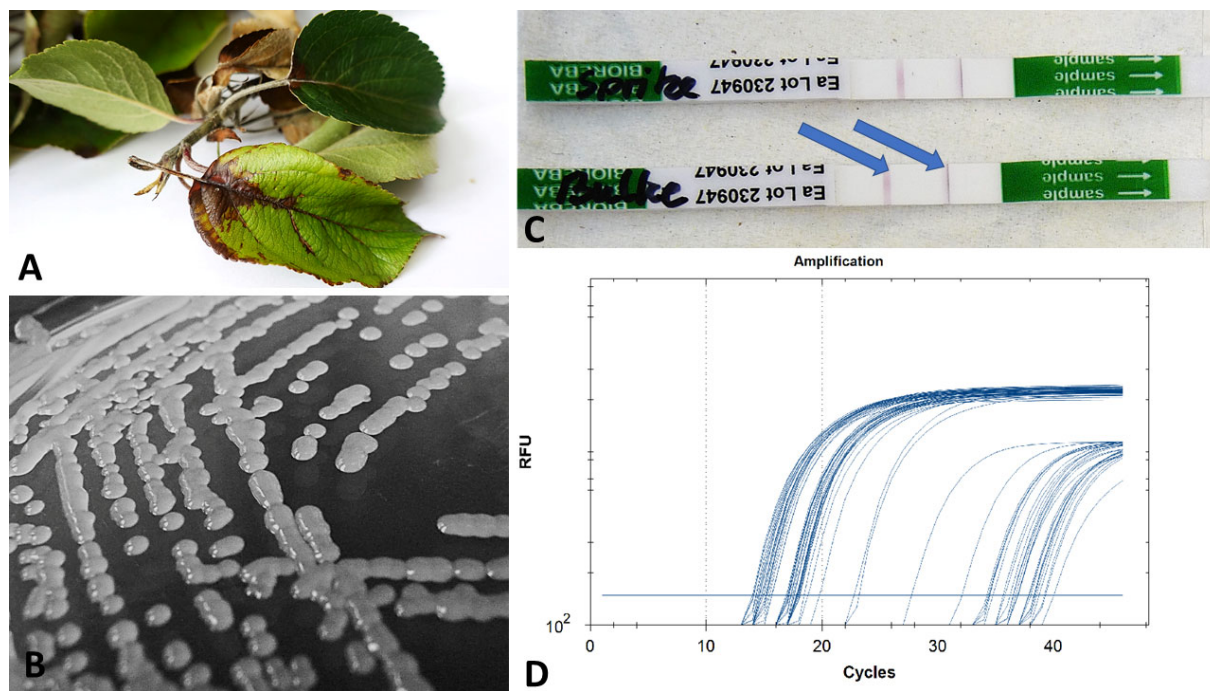
For å bekrefte en mistanke om bakterieinfeksjon må bakterien isoleres fra det sjuke plantevevet. Det gjøres ved å ta ut små vevsbitene i overgangen mellom sjukt og friskt vev, der bakteriene er mest aktive (Figur 37 A). Bitene knuses i steril fosfatbuffer og strykes ut på kunstig vekstmedium (NSA, Nutrient Sucrose Agar, eller andre media). Ved romtemperatur vil det som regel vokse frem tydelige bakteriekolonier etter to dager. Ofte er det en blanding av bakterier med ulik form og farge, men i noen tilfeller får man frem nærmest renkulturer av en bakterie ved isolering (Figur 37 B). Det sistnevnte styrker mistanken om at den isolerte bakterien har ført til symptomene planten viser. I tilfeller der en ikke har en klar sjukdomskandidat eller en artsspesifikk test, blir det ofte benyttet en hypersensitivitetstest i planter av tobakk (*Nicotiana tabacum* var. *Xanthi*) for å undersøke patogenitet til den isolerte bakterien. Suspensjoner med høyt celletall blir da injisert i feltene mellom bladnervene til store planter av tobakk. Injisering med steril fosfatbuffer brukes som kontroll. Dersom testen medfører nekrose på bladplatene der bakterien er injisert, indikerer det patogenitet.

Bakteriekolonier kan ikke identifiseres basert på morfologi. Derfor benyttes flere metoder som for eksempel fettsyreanalyse, ulike DNA-analyser og noen ganger antistoffbaserte (immunologiske) hurtigtester.

Hurtigtester er utviklet for noen få, spesielt skadelige arter, for eksempel pærebrannbakterien (AgriStrip, Bioreba) (Figur 37 C). Dette er et nyttig redskap for å få en rask pekepinn på om mistanken man har stemmer, men det må følges opp med sikrere identifikasjonsmetoder (fettsyre og/eller DNA-analyse). Hurtigtesten for pærebrann har vist seg å ikke være godt nok egnet til direkte testing av infisert plantemateriale i felt, men den har gitt korrekte svar ved bruk i laboratorium på kolonier dyrket frem på agar (eventuelt kan den benyttes i felt på bakterieslim, jfr. Figur 36 D, men det er det sjelden man observerer).

Ved fettsyreanalyse brukes bakterienes fettsyresammensetning for identifisering av slekter og arter. Bakteriene oppformerer først på vekstmedium en viss periode under standardiserte temperatur-betingelser. Deretter blir fettsyrene ekstrahert og omdannet til fettsyremetylestere, som blir separert ved gaskromatografi. Fettsyreanalyse resulterer i karakteristiske mønstre (kromatogrammer) som sammenlignes med kjente mønstre fra referanseisolater i en database (MIDI).

Ved DNA-analyser kan man for eksempel identifisere bakterier ved hjelp av 16S sekvensering. Genet som koder for 16S rRNA, som finnes i alle bakterier, amplifiseres ved hjelp av PCR (polymerase chain reaction) og produktet sekvenseres. For påvisning av pærebrann har det blitt benyttet en spesifikk real-time PCR test (Pirc m. fl. 2009) (Figur 37 D).



Figur 37. Eksempler på laborietester for påvisning av bakterier, her representert med pærebrannbakterien (*Erwinia amylovora*); (A) prøve av epleblad med mistanke om pærebrann, bakterien vil være lettest å isolere fra sonen mellom de grønne og nekrotiske områdene på bladplata, (B) kolonier av pærebrannbakterien på kunstig vekstmedium, (C) hurtigttest av bakteriekolonier fra henholdsvis sprikemispel (*Cotoneaster divericatus*) og bulkemispel (*C. bullatus*) - de to strekene som er markert med blå piler viser at testen var positiv for *E. amylovora* (ved negative prøver vil det bare være en strek), (D) positivt utslag i en real-time PCR-test fra renkulturer av pærebrannbakterien isolert fra prøver fra henholdsvis bulkemispel, sprikemispel og eple. Kurvediagrammet viser økning i fluorescens (RFU) når pærebrannbakterien detekteres. Lavt antall sykluser innebærer høyt antall pærebrannbakterier. Foto: Venche Talgø (A) og Juliana I. S. Perminow (B, C)

7.3 Resultater

7.3.1 *Pseudomonas syringae*

Bakterien *P. syringae* forårsaker alvorlig sykdom på kirsebær, plomme og andre *Prunus*-arter i Norge, men vi har også isolert den fra en rekke andre treaktige planter (lignoser), både busker og trær (alfabetisk etter norsk navn); alm (*Ulmus glabra*), bjørk (*Betula pubescens*), blankmispel (*Cotoneaster lucidus*), eple (*Malus domestica*), forsytia (*Forsythia × intermedia*), hestekastanje (*Aesculus hippocastanum*), hjertetre (*Cercidiphyllum japonicum*), liguster (*Ligustrum* sp.), lind (*Tilia* sp.), poppel (*Populus* spp.), pære (*Pyrus communis*), rogn (*Sorbus aucuparia*), selje (*Salix caprea*) og syrin (*Syringa vulgaris*). I USA har man funnet at *P. syringae* gjorde skade på 40 forskjellige plantearter (Canfield m. fl. 1986).

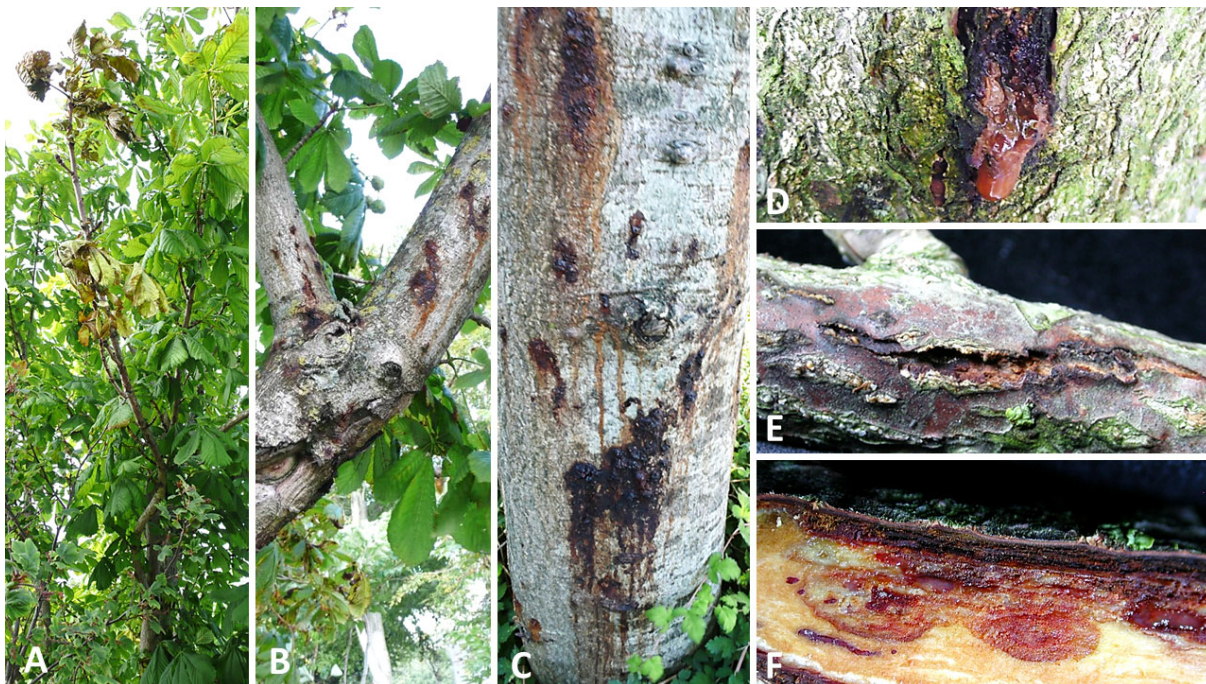
Under presenterer vi nærmere skader av *P. syringae* på alm, hestekastanje, poppel og selje i Norge:

Alm er en treart som først og fremst er truet av almesjuka (*Ophiostoma ulmi* og *Ophiostoma novo-ulmi*) (Solheim 2012), men bildet i Figur 38 viser hvor omfattende bladflekker forårsaket av *P. syringae* kan være. Angrepet har ikke vært årvisst på det aktuelle treet, og omkringliggende almetrær har ikke vist tilsvarende symptomer, så vi vurderer ikke *P. syringae* som generelt problematisk på alm.



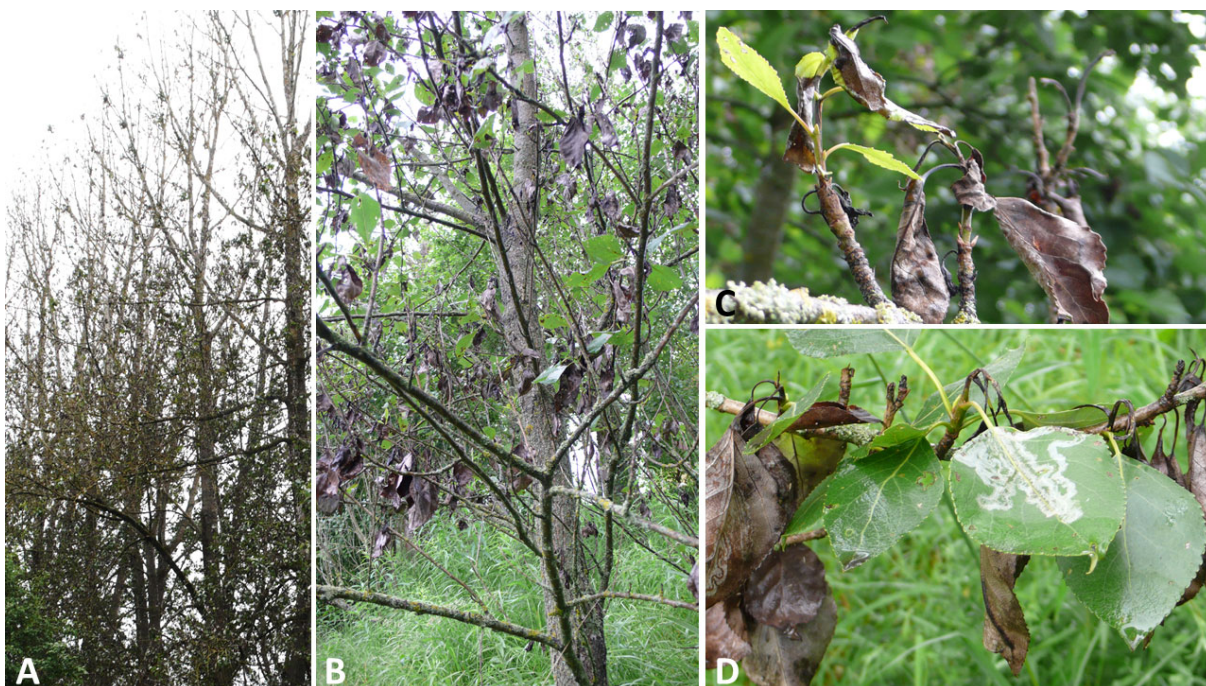
Figur 38. Alm (*Ulmus glabra*) med angrep av *Pseudomonas syringae* ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i Ås kommune; (A) delvis klorotisk krone i 2017, (B) bladflekker i 2017, (C) bladflekker i 2020. Årene 2018–2019 var det samme treet nærmest symptomfritt. Foto: Venche Talgø.

Hestekastanje er svært utsatt for angrep av bakteriekreft (*P. syringae* pv. *aesculi*). Etter første norske påvisning i juli 2010 på Bryne (Time kommune) i Rogaland (Perminow m. fl. 2014) (Figur 39), har vi registrert tilsvarende symptomer på en rekke hestekastanjer i flere byer i Sør-Norge; Trondheim, Ålesund, Bergen, Haugesund, Kopervik, Stavanger, Moss, Oslo og Lillestrøm, men det er ikke gjennomført noen systematisk kartlegging.



Figur 39. Bakteriekreft etter angrep av *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* på hestekastanje (*Aesculus hippocastanum*) på Bryne i Rogaland i 2010; (A) døde skudd i krona, (B) mørke og til dels rustfarga flekker i barken på greiner på krona, (C) utflod på stammen, (D) bakterieslim, (E) oppsprekking i barken, (F) misfarga vev inni infisert kvist. Foto: Venche Talgø.

Poppel er utsatt for en rekke soppsjukdommer (Talgø m. fl. 2009), men vi har også konstatert angrep av *P. syringae* på sterkt skadd poppel i Orkland kommune i Trøndelag. Figur 40 viser bakterieangrep på poppel ved en annen lokalitet sør i Trøndelag. Hvor utbredd *P. syringae* er på poppel ellers i landet er ikke kartlagt.



Figur 40. Poppel (*Populus* sp.) med angrep av *Pseudomonas syringae* i Trøndelag i 2013; (A, B) trærne var i stor grad uten blad midt i juli og (C, D) mange skudd var døde (ellers ses bladskade av minerflue på D). Foto: Venche Talgø.

Selje kan få store skader av *P. syringae* (Perminow & Talgø 2016). Undersøkelser fra 2012 og 2013 tyder på at *P. syringae* blant annet har drept selje i stort omfang i Trøndelag (Figur 41). I et belte langs en veistrekning på 5 km på Fjellværsøya i Hitra kommune registrerte vi i juli 2013 hele 63 sterkt skadde og døde trær/klynger (selje er ofte flerstammet). I tillegg var det mange trær som hadde tydelige symptomer på stammene i form av blødende sår, men som ennå ikke var synlig skadd i krona. Vi har også isolert bakterien fra døende selje i Ås og Oslo kommune.



Figur 41. Skade på selje (*Salix caprea*) på Fjellværsøya i Sør-Trøndelag etter angrep av *Pseudomonas syringae*; (A) døde og halvdøde seljetrær, (B, C, D) mørke flekker i barken, (E) misfarga vev under barken. Foto: Venche Talgø.

7.3.2 *Lonsdalea quercina*

Som artsnavnet på denne bakterien antyder, angriper *L. quercina* eik (*Quercus* spp.). Den har gitt alvorlig sjukdom på forskjellige arter av eik både i USA og Spania. Bakterien ble først funnet i USA i 1967, og dukket for første gang opp i Europa (Spania) i 1992 (Biosca m. fl. 2003). I dag er bakterien funnet i flere europeiske land, ofte knyttet til problemer med sjuke eiketrær der det er vanskelig å finne en direkte skadeårsak, på engelsk kalt «Acute Oak Decline».

Bakterien er påvist ved et tilfelle i Norge, på et importert eiketre som ble plantet sentralt i uteområdet ved det nye Nasjonalmuseet i Oslo (Figur 42). Treet skrantet raskt og måtte fjernes. Jord, røtter og vev der det var utflod i barken ble også undersøkt for *Phytophthora*, som kan gi lignende symptomer, men disse prøvene var negative.



Figur 42. Importert eiketre som ble plantet ved det nye Nasjonalmuseet i Oslo, og som det viste seg hadde angrep av bakterien *Lonsdalea quercina*. Treet var i ferd med å visne og måtte fjernes; (A) døende krone per 20. august 2019 og (B) spor etter utflod i barken på grunn av bakterieangrep (markert med blå ringer). Foto: Venche Talgø.

7.3.3 Fytoplasma

På gråor har vi påvist en fytoplasma-art som på engelsk kalles *Alder yellows phytoplasma* (Figur 43). På furu (*Pinus sylvestris*) har vi observert heksekost blant annet i Rogaland, Møre og Romsdal og Vestfold. Dette er sannsynligvis *pine witches'-broom phytoplasma* (Talgø m. fl. 2019).



Figur 43. Heksekost etter angrep av fytoplasma: (A) *Alder yellows phytoplasma* på gråor (*Alnus incana*) ved Gjevillvatnet sør i Trollheimen og (B) heksekost på furu (*Pinus sylvestris*) ved Jøsenfjorden i Rogaland. Foto: May Bente Brurberg (A) og Venche Talgø (B).

7.4 Diskusjon

Bakteriesjukdommer ser ut til å være et økende problem på trær i Norge, og bør derfor få mer fokus. Planteprøver til Planteklinikken kan være en viktig kanal for å fange opp tidlige signaler om utbrudd, men ofte skal det omfattende skader til før det blir rapportert. For eksempel er selje en svært viktig treart, om ikke økonomisk, så økologisk som habitat for bier og andre pollinerende insekter. At en selje dør her og der blir likevel knapt lagt merke til dersom de ikke står i privathager eller grøntanlegg, men den omfattende utgangen av selje som ble observert på Fjellværsøya i Trøndelag ble vi varslet om.

Vi har lenge vært urolige med tanke på hvilke konsekvenser den store importen av prydplanter, frukttrær og til dels skogplanter vil få fremover (Talgø m. fl. 2014, 2019; Brurberg & Talgø 2020).

Eksempelet over med eika ved det nye Nasjonalmuseet viser tydelig problemet med import. Forhåpentligvis rakk ikke bakterien i det tilfellet å spre seg til omkringliggende eiketrær før treet ble sanert.

Et annet eksempel som kan nevnes er bakterien *Xylella fastidiosa*. Den gjør i dag store skader i sørlige deler av Europa, og er en fryktet art som NIBIO på oppdrag fra Mattilsynet har testet for gjennom et overvåkings- og kartleggingsprogram (OK program) (Perminow m. fl. 2019). I Norge vil *X. fastidiosa* ved siden av *Prunus*-arter kunne angripe ask (*Fraxinus excelsior*), alm (*Ulmus glabra*), eik (*Quercus* spp.), lønn (*Acer* spp.) og flere andre trearter.

Litteraturreferanser

- Biosca, E.G., González, R., López-López, M., Soria, S., Montón, C., Pérez-Laorga, E. & López, M.M. 2003. Isolation and characterization of *Brenneria quercina*, causal agent for bark canker and drippy nut of *Quercus* spp. in Spain. *Phytopathology* 93(4):485-492.
- Brurberg, M.B. & Talgø, V. 2020. Usynlige plantedreperer passerer jevnlig Norges grenser. *Aftenposten* (<https://www.aftenposten.no/viten/i/6j04X8/usynlige-plantedreperer-passerer-regelmessig-norges-grenser>).
- Canfield, M.L., Baca, S. & Moore, L.W. 1986. Isolation of *Pseudomonas syringae* from 40 cultivars of diseased woody plants with tip dieback in Pacific Northwest nurseries. *Plant Disease* 70:647-650.
- Hogenhout, S.A., Oshima, K., Ammar, E-D, Kakizawa, S., Kingdom, H.N. & Namba, S. 2008. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Mol. Plant. Pathol.* 9(4):403-423.
- Perminow, J.I.S., Brurberg, M.B., Akselsen, I.L., Borowski, E. & Hanssen, V.W. 2019. Rapport for OK program *Xylella fastidiosa*, sesong 2018. NIBIO rapport 5(29):28 s.
- Perminow, J.I.S., Brurberg, M.B., Sletten, A. & Talgø, V. 2014. *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* detected on horse chestnut in Norway. *Plant Health Progress*. <https://doi.org/10.1094/PHP-RS-13-0112>.
- Perminow, J.I.S., Melbøe, N., Hanssen, V.W., Sletten, A. & Talgø, V. 2020. Pærebrann påvist i kommersiell frukt dyrking i Rogaland. NIBIO POP 6(32):6 s.
- Perminow, J.I.S. & Talgø V. 2016. Kartlegging av bakteriesykdom (*Pseudomonas syringa*) på selje (*Salix caprea*) i Norge. NIBIO rapport 2 (33):16 s.
- Pirc, M., Ravnikar, M., Tomlinson, J. & Dreo, T. 2009. Improved fireblight diagnostics using quantitative real-time PCR detection of *Erwinia amylovora* chromosomal DNA. *Plant Pathology* 58:872-881.
- Sletten, A., Talgø, V., Rafoss, T. & Melbøe, N. 2017. Fire blight in Norway: a review of strategies and control measures from 1986 to 2016. *Journal of Plant Pathology* 99:137-139.
- Solheim, H. 2012. Almesjukkesopp *Ophiostoma novo-ulmi*. Artsdatabankens faktaark nr. 236, ISSN1504-9140.
- Talgø, V., Magnusson, C., Blystad, D.R., Brurberg, M.B., Perminow, J.I.S., Herrero, M-L, & Strømeng, G.M. 2014. Global og nasjonal handel med prydplanter - effektiv spredningsvei for planteødeleggende mikroorganismer og nematoder. *Bioforsk Tema* 9(2):8 s.
- Talgø, V., Pettersson, M., Perminow, J.I.S., Magnusson, C., Blystad, D.R. & Brurberg, M.B. 2019. Norsk natur trues av fremmede plantesjukdommer. *Naturen* 6:287-296.
- Talgø, V., Sletten, A., Gjørsum, H.B., Stensvand, A., Hilmersen, I. 2009. Store skadar på poppel. *Bioforsk Tema* 6(3):8 s.

8 Overvåking av askeskuddsyke

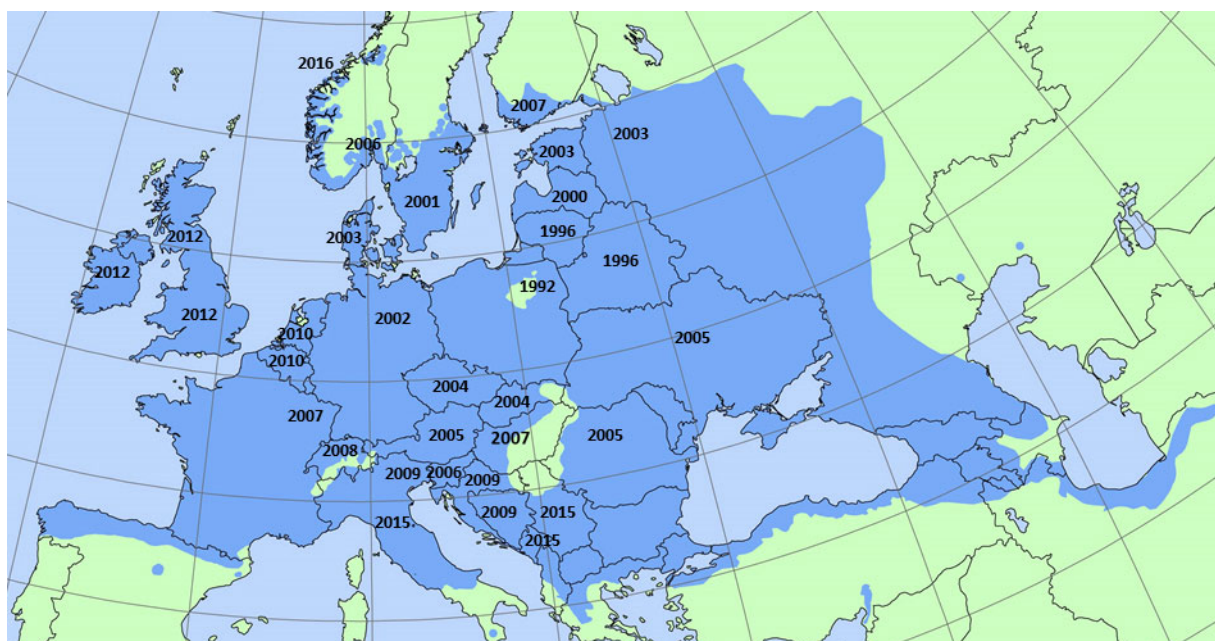
Volkmar Timmermann, Halvor Solheim og Mari Mette Tollefsrud (NIBIO)

8.1 Innledning

Askeskuddsyke ble først oppdaget i Polen tidlig på 1990-tallet. Sykdommen spredte seg etter hvert til nabolandene. Siden årsaken var ukjent, ble det ikke satt i gang kontrolltiltak som for eksempel begrensning av handel med askeplanter for å forhindre spredningen over landegrensene. Først i 2006 ble årsaken funnet, en sopp som fikk det vitenskapelige navnet *Chalara fraxinea*. Da først kom den inn på forskjellige lands karantenerister over sopper det er forbudt å innføre. Senere har soppen fått navnet *Hymenoscyphus fraxineus*, på norsk askeskuddbeger.

Soppens små begre utvikles på fjorårets askebladstilker i skogbunnen. Sporene, som spres i sommermånedene, infiserer bladene på asketrærne i løpet av vekstsesongen, og soppen sprer seg derfra videre til greinene og til stammen. Infeksjonen forårsaker nekroser i bladene og bladstilkene, og seinere (i vinterhvilten) i greinene og stammen med bladvisning og skudd- og greinavdøing som følge (Solheim m. fl. 2017). Gjentatte angrep over flere år vil til slutt kunne drepe hele treet, ofte i samspill med andre faktorer.

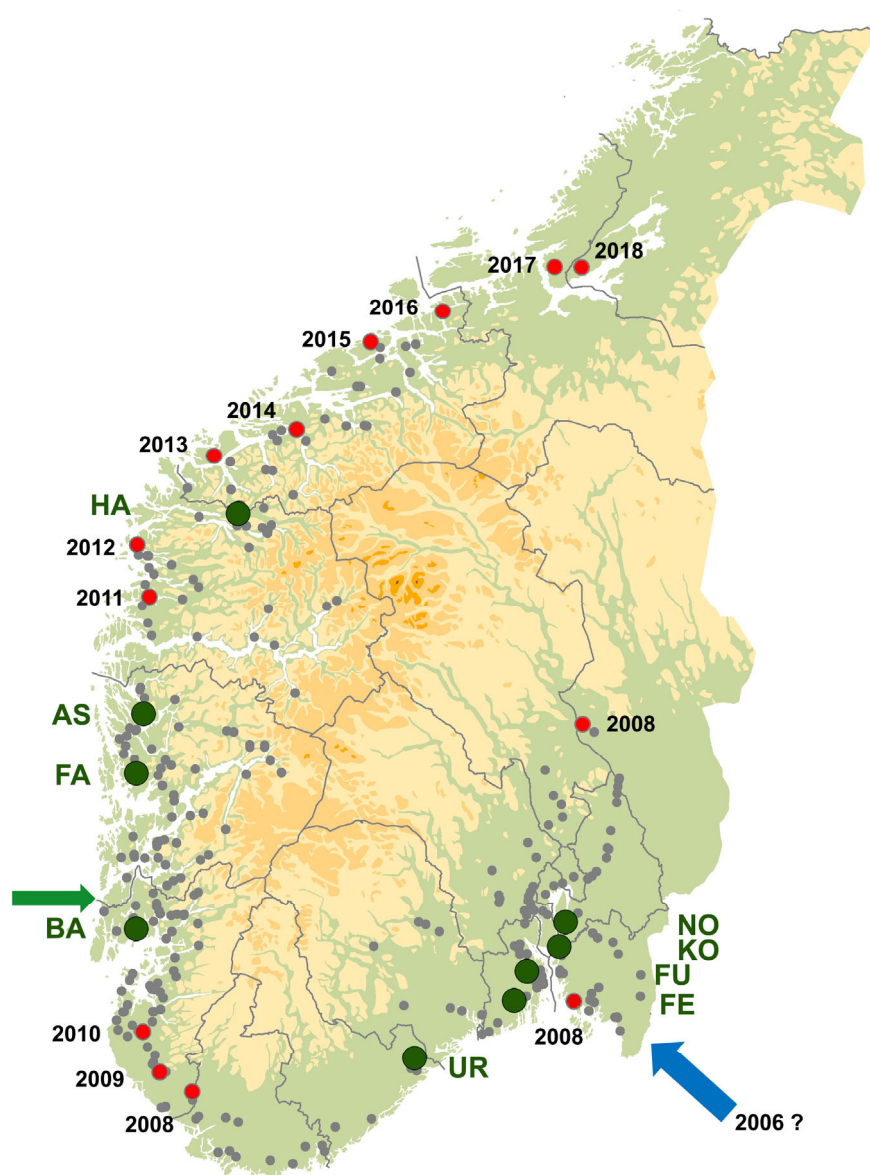
Askeskuddbeger er vanlig i Øst-Asia på bl.a. mandsjuriaask (*Fraxinus mandshurica*) og forårsaker der kun bladflekkskader (Drenkhan m. fl. 2016). Arten er en invaderende art som oppfører seg annerledes i møte med en ny vert, og den har blitt en trussel for europeisk ask (*F. excelsior*) etter at den har spredd seg med rekordfart gjennom Europa (Figur 44, Timmermann m. fl. 2011, McKinney m. fl. 2014, Solheim & Hietala 2017a, b). Som følge av høy dødelighet forårsaket av askeskuddsyken, er ask nå rødlistet i mange land, bl.a. i Norge (Henriksen & Hilmo 2015). Tilbakegangen av ask og påfølgende treslagsskifte har store implikasjoner for det europeiske skogbruket, men også for biomangfoldet (Jordal & Bratli 2011, Mitchell m. fl. 2016, Thomas 2016, Hultberg m. fl. 2020, Łubek m. fl. 2020).



Figur 44. Området merket med blått er utbredelsen til ask (*Fraxinus excelsior*) i Europa (Kilde: EUFORGEN). Årstall indikerer når askeskuddsyke ankom de forskjellige land (Solheim & Hietala 2017a, b).

I Norge ble askeskuddsyke påvist første gang i 2008 (Talgø m. fl. 2009). Da ble den funnet i en planteskole som hadde importert askeplanter fra Sverige. Eierne hadde registrert en begynnende visning allerede året før så sykdommen må ha vært der allerede i 2006 (Solheim 2009). I 2008 ble det også funnet eldre nekroser som underbygget dette. Allerede samme år ble askeskuddsyke observert over store deler av Øst- og Sørlandet. Mellom det nordligste funnet i Ringsaker og det vestligste ved Moi i Rogaland var det en avstand på rundt 360 km i luftlinje (Figur 45). At sykdommen var spredd over så store avstander allerede i 2008, kan tyde på at det hadde blitt plantet ut angrepne askeplanter fra planteskoler. Sykdommen ble da også påvist i alle planteskoler som ble undersøkt på Østlandet i 2008.

Siden 2009 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet og i Trøndelag gjennom befaringer og undersøkelser. Siden 2009 har vi også fulgt sykdomsutviklingen på enkelttrær og i bestand på faste overvåkingsflater på Østlandet, og siden 2012 på tilsvarende flater på Vestlandet.



Figur 45. Lokalisering av overvåkingsflater for askeskuddsyke (grønne punkter) og verifiserte funn av askeskuddsyke pr. 2019 (grå punkter). Spredningen på Vestlandet og i Trøndelag er markert med røde punkter og årstall. Grønn pil: Sannsynlig egen introduksjon til Vindafjord kommune. Blå pil: Mulig introduksjonsvei til Norge fra Sverige.

8.2 Metoder

I 2019 var det i alt 9 permanente overvåkingsflater for askeskuddsyke i Norge, 4 på Østlandet, 1 på Sørlandet og 4 på Vestlandet (Figur 45, Tabell 16, Timmermann m. fl. 2013). På flater med tydelige aldersklasser ble det valgt ut 50 trær, mens på flater med en mer ensartet alderssammensetning ble det valgt ut 40 trær (Tabell 16). Flata i Fana ble opprettet høsten 2016 og den første kronebedømmelsen ble utført i 2017, men siden vi foreløpig bare har 3 år med skadedata er Fana ikke inkludert i resultatoversikten fra Vestlandet, men omtales separat.

Tabell 16. Overvåkingsflater for askeskuddsyke. Hoh: Høyde over havet..

Flate ID	Flatenavn	Fylke	Kommune	Treantall	Hoh (m)	Startår
NO	Norderås	AK	Ås	50	100	2009
KO	Kolås	AK	Vestby	50	40	2009
FU	Fjugstad	VF	Horten	50	40	2009
FE	Fevang	VF	Sandefjord	40	100	2009
UR	Urfjell	AA	Risør	40	100	2010
BA	Baustad	RO	Tysvær	50	20	2012
FA	Fana	HO	Bergen	37	25	2017
AS	Askvik	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 grupperte skadeklasser: Friske trær (0-10 % utglisning), svakt skadde (11-25 % utglisning), moderat skadde (26-50 % utglisning), sterkt skadde (>50 % utglisning) og døde trær. Registreringene, som også omfatter andre helseparametere som misfarging, døde greiner og toppe, skuddavdøing, vannris og frøsetting, utføres en gang per år for hvert tre mellom slutten av juni og midten av august.

I resultatdelen er trærne gruppert i tre diameterklasser ut fra målinger av diameter i brysthøyde (DBH) i 2014 (2016 for Fana): Små trær (foryngelse, DBH <50 mm, høyde 1–10 m), mellomstore trær (framtidstrær, DBH 50–125 mm, høyde 8–16 m) og store trær (dominante trær, DBH >125 mm, høyde 12–34 m).

8.3 Resultater

8.3.1 Spredning og utbredelse i Norge

Fra 2009 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet fra det vestligste funnet i 2008 som ble gjort ved Moi i Rogaland (Figur 45 og Tabell 17). De to første årene registrerte vi en spredning på 25–30 km per år og ingen symptomer ble sett nord for Ålgård i Gjesdal kommune, Rogaland.

I 2011 fant vi ferske angrep nord for Ålgård, men videre nordover dukket plutselig eldre angrep opp. I Vindafjord kommune ble det funnet små askebestand med svært sterke skader, og det ble også funnet trær med 3–4 år gamle barknekroser. Videre nordover gjennom Hordaland fram til Sognefjorden ble det igjen mindre med angrep. Det nordligste funnet i 2011 ble registrert i Askvoll kommune i Sogn og Fjordane. Våre funn i 2011 tyder på at det har vært en egen introduksjon til Vindafjord eller en nærliggende kommune på Haugalandet.

Tabell 17. Spredning av askeskuddsyke på Vestlandet 2008–2018 med spredningsdistansen hvert år.

År	Fylke	Kommune	Sted	Spredning (km)
2008	Rogaland	Lund	Moi	
2009	Rogaland	Eigersund	Little Hogstad	25
2010	Rogaland	Gjesdal	Ålgård	30
2011	Sogn og Fjordane	Askvoll	Rivedal	(50–70)
2012	Sogn og Fjordane	Flora	Sunnarvåg	36
2013	Møre og Romsdal	Herøy	Nykreim	78
2014	Møre og Romsdal	Ørskog	Sjøholt	59
2015	Møre og Romsdal	Averøy	Bruhagen	76
2016	Møre og Romsdal	Aure	Våg	53
2017	Sør-Trøndelag	Rissa	Reins kloster	75
2018	Trøndelag	Indre Fosen	Hindrum NR	25
Gjennomsnittlig spredning 2008–2018				51

De første funnene av askeskuddsyke i Møre og Romsdal ble gjort i 2013. Allerede i 2016 ble det nordligste funnet av askeskuddsyke gjort i Våg i Aure kommune helt nord i fylket, bare få kilometer fra grensa til Sør-Trøndelag. Fra det nordligste funnet i 2015 i Averøy kommune til det nordligste funnet i 2016 var det 53 km i luftlinje. I 2017 ble askeskuddsyke for første gang påvist i Trøndelag, nærmere bestemt ved Reins kloster på Fosen-halvøya, 75 km i luftlinje nordøst for fronten i 2016. I 2018 ble askeskuddsyke funnet i Hindrum naturreservat i Indre Fosen kommune (Figur 45), som ofte omtales som verdens nordligste askeskog. I 2019 ble det ikke utført spesielle registreringer for å følge videre spredning av askeskuddsyke i Trøndelag.

8.3.2 Overvåking på permanente flater

Sør- og Østlandet

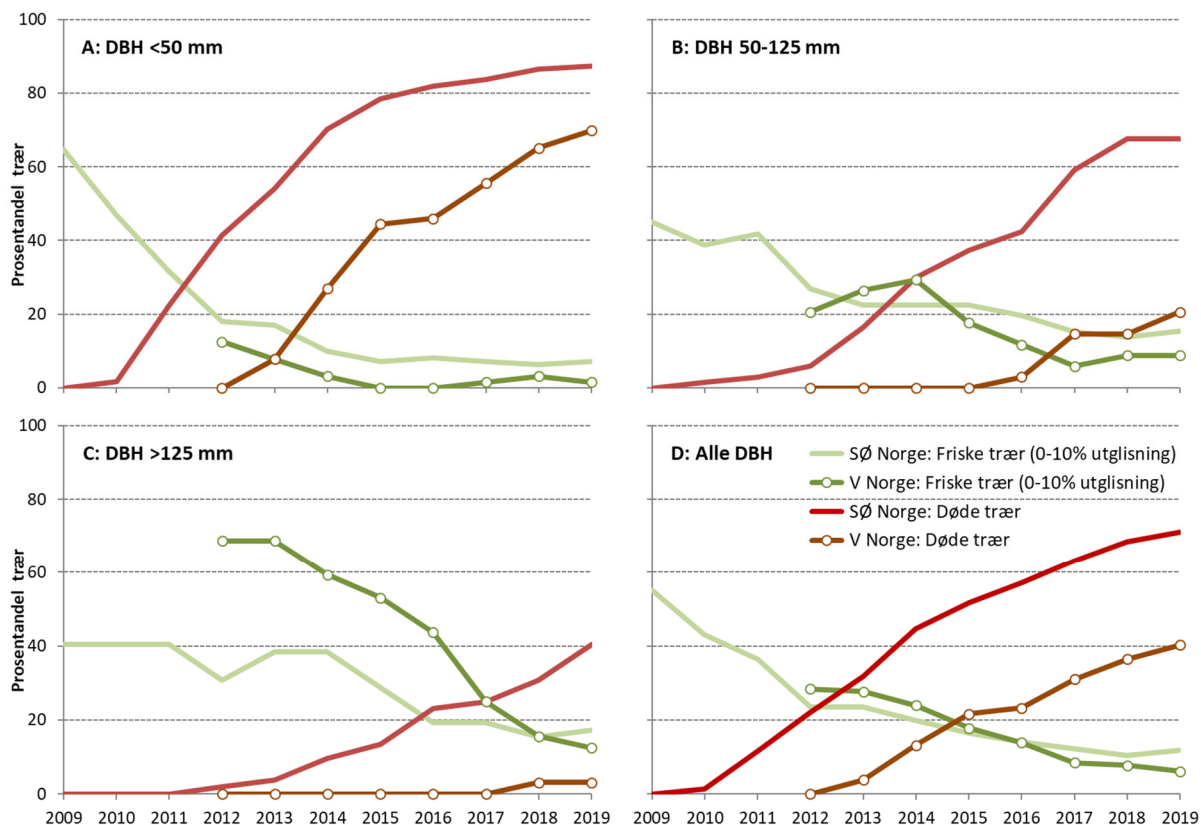
Det har vært en dramatisk utvikling for de små asketrærne på de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet fra 2009 til 2018. I 2009 var 65 % av småtrærne friske (≤ 10 % utglisning). I 2019 var denne andelen redusert til 7 % (Figur 46 A). Samtidig var andelen døde trær på hele 87 % i 2019. Mest dramatisk har utviklingen vært på flatene i Norderås og Fjugstad, der hhv. 100 og 88 % av småtrærne var døde i 2019.

Selv om utviklingen hos de mellomstore asketrærne ikke har vært like dramatisk som hos de små, så har likevel andelen friske trær minket fra 45 % i 2009 til 15 % i 2019 (Figur 46 B). I 2019 var 68 % døde og 3 % sterkt skadde til døende (> 75 % utglisning).

På de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet har omfanget av kroneskader hos de store asketrærne økt saktere fra 2009 til 2019 enn hos de mindre diameterklassene. Andelen friske trær har svingt noe mellom årene, men ble likevel redusert fra 40 % i 2009 til 17 % i 2019 (Figur 46 C). Andelen døde asketrær var på 40 % i 2019, og det var allerede i 2016 flere døde enn friske trær i denne diameterklassen. Også andelen sterkt skadde og døende trær var høy med 14 % i 2019. Det forventes at disse også vil dø i løpet av noen år, selv om vi har observert store, dominante trær som i flere år har levd med en veldig redusert krone.

Mens 55 % av de totalt 230 asketrærne (alle diameterklasser sett under ett) på de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet var friske i 2009, var denne andelen redusert til bare 12 % i 2019 (Figur 46 D). Etter drøyt 10 år med askeskuddsyke til stede var 71 % av trærne på overvåkingsflatene døde, og ytterligere 4 % var sterkt skadde eller døende i 2019.

På flata i Norderås var 90 % av alle trærne døde i 2019, bare 5 av de store, dominante trærne var fortsatt i live, og ingen av dem var friske lenger. Også i Fjugstad var de fleste trærne på flata døde i 2019 (74 % av alle diameterklasser), men her var det fortsatt noen friske eller bare svakt skadde trær igjen. På flatene i Fevang og Urfjell var hhv. 64 og 69 % av alle trær døde i 2019, men begge steder fins det noen helt friske trær igjen. Urfjell har den høyeste andelen friske trær av alle overvåkingsflater (20 %). På flata i Kolås er mortaliteten noe lavere (56 % av alle trær), og ingen av de store, dominante trærne har dødd ennå.



Figur 46. Prosentandel friske (0–10 % kroneutglisning) og døde asketrær på overvåkingsflatene. SØ Norge: NO, KO, FU, FE og UR 2009–2019 (UR fra 2010), V Norge: BA, AS og HA 2012–2019. (A) Små asketrær (DBH<50 mm), (B) mellomstore asketrær (DBH 50–125 mm), (C) store asketrær (DBH>125 mm), (D) alle diameterklasser.

Vestlandet

Andelen friske småtrær var lav allerede i 2012 på overvåkingsflatene på Vestlandet (13 %), og i 2015 og 2016 var det ingen friske småtrær igjen på flatene. I 2019 ble ett tre (2 %) klassifisert som friskt igjen (Figur 46 A). Andelen døde trær nådde 70 % i 2019, i tillegg var 16 % av de minste trærne sterkt skadde eller døende. De fleste døde og sterkt skadde trærne fins på den sørligste flata (BA) med den lengste sykdomshistorien (jf. Figur 45).

Også hos de mellomstore trærne på Vestlandet økte kroneskadene raskt (Figur 46 B). Her ble det første døde treet registrert i 2016, i 2017 fulgte ytterligere 4, og 2 i 2019 (21 %). Andelen sterkt skadde trær hadde økt fra 3 % i 2012 til 21 % i 2019. Andelen friske trær har svingt litt mellom årene i denne diameterklassen, men også her var det en betydelig nedgang fra 21 % i 2012 til bare 9 % i 2019. På flatene i Askvik og Baustad har det ikke vært friske trær i denne klassen siden 2013.

Heller ikke på Vestlandet har utviklingen for de store asketrærne vært like dramatisk som for de små, kun få (6 %) er foreløpig sterkt skadde, men i 2018 ble det første døde treet registrert på flata i Askvik. Likevel har andelen friske trær sunket dramatisk fra 69 % i 2012 til bare 13 % i 2019 (Figur 46 C).

Utviklingen for trærne i alle diameterklassene sett under ett viser samme trend som på Sør- og Østlandet (Figur 46 D). Mens 28 % av de totalt 130 asketrærne på de tre overvåkingsflatene på Vestlandet var friske i 2012, var denne andelen redusert til bare 6 % i 2019. Andelen døde trær i det samlede datasettet fra Vestlandet økte til 40 % i 2019, i tillegg var 15 % av trærne sterkt skadde eller døende. De fleste døde og sterkt skadde trærne ble registrert på den sørligste flata, Baustad i Rogaland, hvor 63 % av alle trærne var døde og 15 % sterkt skadde i 2019. På flata i Askvik var 40 % av alle trær døde i 2019, og ytterligere 48 % hadde sterke kroneskader. På flata i Hammar med den korteste sykdomshistorien var det i 2019 tydelige symptomer på askeskuddsyke, og andelen friske trær har falt fra 50 % 2012 til 12 % i 2019, mens antall døde og sterkt skadde trær har økt jevnt de siste fire årene til hhv. 13 og 15 % i 2019.

På overvåkingsflata i Fana var 51 % av trærne friske eller bare svakt skadde ved den første befaringen i 2017, mens denne andelen hadde sunket til 30 % i 2019. Andelen sterkt skadde trær økte kraftig fra 22 % i 2017 til 51 % i 2019, og 2 av de minste trærne (5 %) var døde i 2018.

8.4 Diskusjon

Askeskuddbeger er et eksempel på en invaderende art som har etablert og spredt seg rekordraskt i Europa og Norge og forårsaket store skader og høy dødelighet på den europeiske aska. Soppen forårsaker ingen alvorlige skader på de stedegne artene av ask i sitt naturlige utbredelsesområde i Øst-Asia, men det er observert en del bladflekkskader i Russlands Fjerne Østen på hjemmehørende askearter (Drenkhan m. fl. 2016). Spredningen i Europa har blitt godt hjulpet av import og handel med infiserte askeplanter, selv om soppen kan spre seg naturlig over store avstander med sine sporer. I dag er det kun noen få regioner igjen i Europa som ennå ikke er berørt av denne sykdommen.

Siden 2008 har askeskuddsyke spredt seg jevnt og trutt nordover på Vestlandet (Solheim & Hietala 2017a, b). I perioden fra 2008 til 2018 har den registrerte spredningen variert fra 25 km til 78 km per år. I gjennomsnitt har den spredt seg 51 km per år når en unntar 2011 hvor det sannsynligvis skjedde en egen introduksjon nord i Rogaland. I 2018 ble askeskuddsyke påvist i verdens nordligste askeskog, Hindrum naturreservat i Trøndelag (Figur 45). I 2019 gjorde vi ikke forsøk på å finne ut hvor langt videre nordøstover fra Hindrum askeskuddsyke hadde kommet. Det finnes spredte forekomster av ask også lenger nord som kan forventes å bli infiserte innen få år hvis spredningen fortsetter med samme fart.

I tillegg til den raske spredningen gjennom landet, har våre data fra overvåkingen av askeskuddsyken vist at sykdomsutviklingen skjer fort i bestand og på enkeltrær, også i områder som bare har hatt sykdommen i noen få år, eller som er relativt isolerte fra andre askeforekomster (Timmermann m. fl. 2017). Skadeomfanget øker fra år til år både på Sør- og Østlandet og på Vestlandet, trær i alle aldersklasser angripes og dødeligheten er høy. Særlig de minste trærne (foryngelsen) er utsatt, men også de mellomstore framtidstrærne er truet. Store, dominante trær kan leve lenge med sykdommen og danner ofte vannris for å kompensere for løvet som er tapt gjennom sykdommen. Dette fører til en midlertidig økning i bladmasse, men er egentlig et symptom på stress, og etter gjentatte, kraftige angrep kan også disse trærne svekkes og dø.

Mange av de små og mellomstore trærne har dannet døde topper pga. askeskuddsyken. Når de døde toppene knekker vil disse trærne ofte bli registrert som friskere enn de egentlig er grunnet metodikken i kronebedømmelsen (man registrerer kun det man kan se). Dette kan i enkelte år føre til en tilsynelatende forbedring i kronetilstanden, men det ligger altså ingen reell bedring i helsetilstanden bak siden disse trærne allerede er hardt skadd av askeskuddsyke. Selv om ask generelt er mindre tørkeutsatt enn f. eks. gran, har tørkestress i enkelte år (senest i 2018) ført til en økning i kroneskader hos noen trær, særlig på godt drenerte, tørkeutsatte lokaliteter. Hvis trærne ikke er nevneverdig svekket av askeskuddsyke fra før, vil deres helsetilstand bedres igjen året etter.

Både små og store trær som er angrepet av askeskuddsyke, svekkes av sykdommen og vil derfor være mer utsatt for andre skadegjørere (som for eksempel honningsopp, Lenz m. fl. 2016), for konkurranse (Cech 2008) og ugunstige miljøfaktorer (eksempelvis vannmettet jordsmonn, Vacek m. fl. 2015). De fleste døde trær på overvåkingsflatene på Østlandet viste tegn til honningsopp, særlig på Norderås hvor flest døde trær ble registrert, men også i Fjugstad, Fevang og Urfjell. Askeskogen på Norderås i Ås er preget av høy markfuktighet og har flere sumpete partier, som i seg selv er en stressfaktor for trærne, samt at det gir gode vekstvilkår til sopper (både honningsopp og askeskuddebeger). Råteangrepne trær er også mer utsatt for vindfelling.

Overvåkingsflata i Kolås skiller seg ut ved at alle de store, dominante trærne fortsatt er i live. Terrenget er bratt og sørvendt, godt drenert men også noe tørkeutsatt. Det kan tenkes at de angrepne trærne er utsatt for mindre smittepress fra honningsopp enn på de andre overvåkingsflatene og at mortaliteten derfor er lavere. Flata ligger noen kilometer nordøst for Son ved Såna i et lite askebestand som fram til høsten 2019 var omgitt av granskog og som dermed var relativt isolert. Mens det fins et askebestand bare noen titalls meter lenger nede i lia som ser ut til å være sterkt angrepet med flere døde trær.

Sterk vind i 2018 og 2019 veltet flere store asketrær på overvåkingsflatene i Fjugstad, Fevang og Urfjell. Det viste seg at de fleste av disse hadde råte med typiske symptomer etter honningsopp, hvite mycelflak og mørke rhizomorfer, men at de var lite preget av synlige kroneskader. Bare ett vindfelt tre var sterkt angrepet både av askeskuddsyke og honningsopp. Ettersom honningsopp anses for å være en sekundær skadegjører (Solheim & Børja 2012), kan disse observasjonene tyde på at askeskuddsyke også kan angripe trærne på en annen måte enn gjennom bladene og greinene.

Rothalsinfeksjoner (basale infeksjoner) av *H. fraxineus* ble første gang registrert i 2009 i Norge. Dette var på Falkensten i Horten under en forstlig befarings om askeskuddsyke (Solheim 2009). Omfanget av sykdommen visste vi lite om den gangen. Basale nekroser ble først beskrevet fra Belgia i 2016 (Chandelier m. fl. 2016). Sommeren 2016 gjorde en student på Evenstad feltarbeidet for sin bacheloroppgave om basale infeksjoner av askeskuddebeger på ask (Lindgren 2017). Han fant blant annet at 71 av 134 undersøkte asketrær hadde slike basale infeksjoner. Noen få trær hadde rothalsinfeksjoner uten at det var tegn på angrep av askeskuddsyke i krona. Dette underbygger teorien om at basale infeksjoner er primære og kan bety mye for avdøingen i askebestand. Infeksjonen oppstår ved at askeskuddebegerens sporer trenger inn i rothalsen gjennom barkporer (lenticeller). Infeksjonen fører til en nekrose som sprer seg inn mot treets kjerne som en kile (Figur 47). I det angrepne området blir vanntransporten stoppet, og treet blir svekket slik at honningsopp lettere kan angripe det.

Med unntak av Norderås finnes det fortsatt noen friske trær igjen på overvåkingsflatene, selv etter mange år med askeskuddsyke til stede (jf. Figur 46). Dette kan tyde på at det fins forskjeller i motstandsdyktighet mot sykdommen hos ask som kan være genetisk betinget (McKinney m. fl. 2014, Timmermann & Tollefsrud 2017). Slike individer vil være svært verdifulle for genressursforvaltningen og utviklingen av motstandsdyktig materiale. Som et ledd i genressursbevaring ble det høsten 2015 samlet inn frø fra til sammen åtte forskjellige lokaliteter, deriblant overvåkingsflatene i Norderås, Fjugstad, Fevang, Urfjell, Baustad og Askvik. Frøene er samlet fra friske trær i overvåkingsflatene og fra friske omkringliggende trær (Timmermann & Tollefsrud 2017). Frøene har blitt dyrket opp i drivhus på Ås, og småplantene ble plantet ut på forsøksområder i Ås, Hobøl og Fana i 2018. Plantene inngår i en langsiktig studie for å identifisere motstandsdyktig plantemateriale. For en framtidig genressursbevaring vil det være nødvendig å supplere med frø fra flere friske trær. Det er derfor viktig å følge kronetilstanden hos de gjenlevende overvåkingstrærne i årene framover for å se om noen fortsatt holder seg friske, samt identifisere friske frøtrær i andre bestand. I 2019 samlet vi inn frø fra asketrær på Veøy, som ligger utenfor Molde. Vi er også i gang med å dyrke opp planter fra både danske og svenske trær som et ledd i et nordisk samarbeidsprosjekt. I 2019 ble det også etablert et treårig forsøk med merkete småplanter av ask på Norderås og Fjugstad i tilknytning til våre overvåkingsflater. Formålet med dette forsøket er å undersøke etablering av ask og overlevelse av foryngelsen under naturlige forhold i skog angrepet av askeskuddsyke.

I 2019 oppfordret vi i tillegg publikum til å rapportere inn stedfestet informasjon om friske asketrær med frøsetting i vår skogskadedatabase www.skogskader.no (kampanje Frisk ask). Vi ønsker å identifisere flere friske trær med frø for å kunne utvide innsamlingen som ledd i utvikling av motstandsdyktig plantemateriale (Skogskader.no 2019). Særlig er vi på utkikk etter friske unge frøtrær som er omgitt av syke trær, da kan vi være sikrere på at bestandet har vært utsatt for sykdom og at de friske trærne da trolig har en viss motstandsdyktighet mot askeskuddsyken.



Figur 47. (A) Basale infeksjoner av askeskuddbeger og angrep av honningsopp på et yngre asketre. (B) Nekroser gikk ca. 2 m opp. I den nedre delen kan skimtes hvitt mycel etter honningsoppen. (C) Ved toppen av det nekrotiske partiet er det flere kiler forårsaket av askeskuddbeger som brer seg oppover. (D) Her utgjør det nekrotiske partiet ca. 1/5 del av stammen. (E) Ved stubbesnittet kan en se at kun ca. en fjerdedel fremdeles er friskt. Røyken, Buskerud. Foto: Halvor Solheim

Litteraturreferanser

- Cech, T.L. 2008. Eschenkrankheit in Niederösterreich – neue Untersuchungsergebnisse. *Forstschutz Aktuell* 43: 24-28.
- Chandelier, A., Gerarts, F., San Martin, G., Herman, M. & Delahaye, L. 2016. Temporal evolution of collar lesions associated with ash dieback and the occurrence of *Armillaria* in Belgian forests. *Forest Pathology*, 46(4), 289-297.
- Drenkhan, R., Solheim, H., Bogachevac, A., Riit, T., Adamsona, K., Drenkhan, T., Maatena, T. & Hietala, A.M. 2016. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of *Fraxinus* species in the Russian Far East. *Pl. Pathol* 66, 490-500. doi: 10.1111/ppa.12588.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken www.artsdatabanken.no/Rodliste.
- Hultberg, T., Sandström, J., Felton, A., Öhmand, K., Rönnerberg, J., Witzell, J. & Cleary, M. 2020. Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation* 244: 9.
- Jordal, J.B. & Bratli, H. 2011. Styvingstrær og høstingsskog i Norge med vekt på alm, ask og lind. Utbredelse, arts mangfold og supplerende kartlegging i 2011. Rapport J.B. Jordal nr. 4-2012. 114 s.
- Lenz, H.D., Bartha, B., Straßer, L. & Lemme, H. 2016. Development of Ash Dieback in South-Eastern Germany and the Increasing Occurrence of Secondary Pathogens. *Forests* 7(2), 41; doi: 10.3390/f7020041.
- Lindgren, V.S. 2017. Rothalsinfeksjoner av askeskuddbeger *Hymenoscyphus fraxineus* i asketrær *Fraxinus excelsior* i Norge. Høgskolen i Innlandet, Avdeling Evenstad. Bachelor i utmarksforvaltning. 30 s.
- Łubek, A., Kukwa, M., Czortek, P. & Jaroszewicz, B. 2020. Impact of *Fraxinus excelsior* dieback on biota of ash-associated lichen epiphytes at the landscape and community level. *Biodivers Conserv* 29, 431–450. doi.org/10.1007/s10531-019-01890-w
- McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Collinge, D.B., Thomsen, I.M., Hansen, J.K. & Kjær, E.D. 2014. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant pathology* 63: 485–499.
- Mitchell, R. J., Hewison, R.L., Hester, A.J., Broome, A. & Kirby, K.J. 2016. Potential impacts of the loss of *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) due to ash dieback on woodland vegetation in Great Britain. *New Journal of Botany* 6(1): 2-15.
- Skogskader.no 2019. Frisk ask. Beskrivelse og rapportering. <https://skogskader.nibio.no/skader/897>.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017a. Spread of Ash Dieback in Norway. *Baltic Forestry* 23(1): 144-149.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017b. Spredning av askeskuddsjuke i Europa og Norge. NIBIO POP 3(4).
- Solheim, H. 2009. Bekymringsfull økning i askeskuddsjuka: Trær ser ut til å dø. *Skogeieren* 96 (7-8): 24-25.
- Solheim, H. & Børja, I. 2012. Klimavinnerne. Honningsopp - den smarte opportunist. *Norsk Skogbruk* 58(3): 30
- Solheim, H., Børja, I., Nagy, N.E., Timmermann, V. & Hietala, A.M. 2017. Askeskuddsjuke, årsak og biologi. NIBIO POP 3(2).
- Talgø, V., Sletten, A., Brurberg, M.B., Solheim, H. & Stensvand, A. 2009: *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. *Plant Disease* 93: 548.
- Thomas, P.A. 2016. Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *J Ecol*, 104: 1158–1209. doi: 10.1111/1365-2745.12566.
- Timmermann, V. & Tollefsrud, M.M. 2017. Resultater fra overvåking av askeskuddsjuke – de unge faller fra, de gamle takler det bedre. NIBIO POP 3(3).
- Timmermann, V., Børja, I., Hietala, A.M., Kirisits, T. & Solheim, H. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 41: 14–20.
- Timmermann, V., Nagy, N.E., Hietala, A.M., Børja, I. & Solheim, H. 2017. Progression of Ash Dieback in Norway Related to Tree Age, Disease History and Regional Aspects. *Baltic Forestry* 23(1): 150-158.
- 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.
- Vacek, S., Vacek, Z., Bulusek, D., Putalova, T., Sarginci, M., Schwarz, O., Srutka, P., Podrazsky, V. & Moser, W.K. 2015. European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) dieback: Disintegrating forest in the mountain protected areas, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*. 4: 203-223.

9 Andre spesielle skogskader i 2019

Isabella Børja ^(1,2) og Halvor Solheim ⁽¹⁾ ^{(1) NIBIO, (2) NMBU}

9.1 Innledning

I mer enn 150 år har vi registrert forskjellige skoglige forhold i Norge, også skogskader. Med teknologisk utvikling har det blitt mye lettere å samle informasjon om skogskader og en interaktiv skogskadedatabase, www.skogskader.no, ble etter hvert opprettet. Alle som er interessert i skog og skogskader kan rapportere og bruke databasen, men det er hovedsakelig rapporter fra Landsskogtakseringen som gjør at volumet av innrapporteringer blir stort.

9.2 Metoder

Vår skogskadedatabase www.skogskader.no er et internettbasert rapporterings- og arkiveringssystem for skogskadeobservasjoner og er sentral i å samle inn informasjon om skader i skog fra hele Norge. Databasen bygger på brevarkivet ved tidligere Norsk institutt for skogforskning (nå en del av NIBIO) med skaderapporter tilbake til 1960-tallet. I dag inneholder databasen flere tusen innsendte rapporter samt digitaliserte rapporter fra skadearkivet. Her samles det skadeobservasjoner som stammer fra befaringer, undersøkelser og bestemmelser av innsendte prøver, fra Landsskogtakseringens skogovervåking, bestandsregistreringer og relevante forskningsprosjekter. Innsending av skaderapporter kan gjøres av alle naturinteresserte privatpersoner, skogeiere, skogbrukssjefer og Fylkesmannens landbruksavdelinger. NIBIO har det faglige ansvaret og utfører kvalitetssikring av alle innsendte rapporter.

Rapporter i skogskadedatabasen kommer hovedsakelig fra tre kilder; 1) fra den årlige overvåkingen i Landsskogtakseringen på faste flater, 2) ved at personell knyttet til Landsskog gjør registreringer utenom de faste flatene og 3) at andre personer med interesse i skogskader legger observerte skader inn i www.skogskader.no. På de faste Landsskogtakseringsflatene skjer registreringer hvert 5. år så enkelte skader kan være opp til 5 år gamle ved registreringen.

9.3 Resultater og diskusjon

I alt ble det lagt inn 1178 rapporter om skogskader i skogskadedatabasen i 2019. Det aller meste er registreringer som er gjort av Landsskogtakseringen. Antall skader fra Landsskogtakseringen kan være noe underrapportert fordi Landsskogtakseringen er på et sted bare en gang i løpet av vekstsesongen og fanger derfor ikke opp skadetilfeller som dukker opp senere, utover sensommeren og høsten.

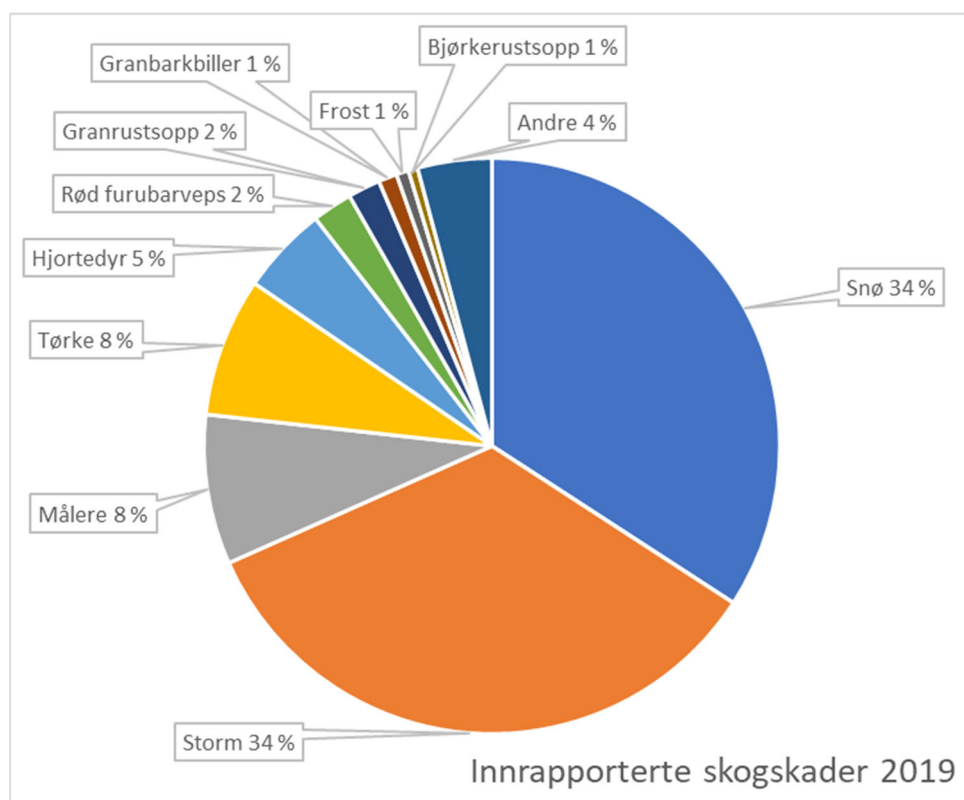
Bjørkemålere og granbarkbiller omtales ikke her siden de rapporteres i egne kapitler i denne rapporten (se kap. 4 og 5).

I løpet av 2019 har vi også brukt vår skogskadedatabase til en *citizen science*-kampanje som vi kalte «Frisk ask». *Citizen science* (folkeforskning eller grasrotforskning på norsk) er en praksis hvor innbyggere bidrar til forskning for å øke kunnskapsnivå om spesifikke felt. Gjennom *citizen science* bidrar folk særlig til datainnsamling og observasjoner. Formålet med «Frisk ask» var å finne asketrær som er potensielt resistente mot askeskuddsyke. Dette ble gjennomført ved at vi ba folk fra hele landet om å rapportere inn i vår skogskadedatabase tilfeller av friske asketrær blant trær som ellers viste tydelige angrep av askeskuddsyke. I løpet av 2019 har vi mottatt 27 rapporter fra 22 kommuner om slike trær.

Følgende skader ble registrert mest hyppig i 2019:

Av alle innrapporterte skader i 2019 (eksklusive tilfeller av «Frisk ask»-kampanjen) var det følgende skader som var de mest hyppige: Snø (394 tilfeller, 34 %), storm (394 tilfeller, 34 %), målere (97 tilfeller, 8 %), tørke (90 tilfeller, 8 %), hjortedyr (57 tilfeller, 5 %), rød furubarveps (26 tilfeller, 2 %), granrustsopp (21 tilfeller, 2 %), granbarkbiller (12 tilfeller, 1 %), frost (8 tilfeller, 1 %), bjørkerustsopp (6 tilfeller, 1 %) og andre skader (48 tilfeller, 4 %) (Figur 48).

I kategorien «andre skader» er det gruppert mindre hyppige skader med 1 til 5 forekomster i løpet av 2019. I denne kategorien hører rapporter av bever (4 tilfeller), rognerustsopp (4 tilfeller), askeskuddbeger (4 tilfeller), oversvømmelse/oksygenmangel/drukning (3 tilfeller), seljebladbille (3 tilfeller), jordras (3 tilfeller), kjempetreveps (3 tilfeller), stripet orebladbille (3 tilfeller), lokkrust (2 tilfeller), tyritoppsopp (2 tilfeller), sekksporesopper (2 tilfeller). Resten av «andre skader» som, abiotiske skader, blå treveps, eikevikler, honningsopper, insekter (skader på blad/nåler, skudd, knopper), lyn, ukjent sopp, orekjuke, sjørøkk/saltvannskader, skogbrann, stor margborer, barkbiller på furu, ukjent skadeårsak, *Ophiostoma* og stilksporesopper, hadde alle bare ett tilfelle hver.



Figur 48. Oversikt over de hyppigste skogskadene registrert i løpet av 2019 uttrykt som prosent av totalt antall innrapporterte skader (tilfeller av «Frisk ask» er ekskludert).

Bjørkerust (*Melampsorium betulinum*) ble registrert 7 ganger, i 4 kommuner. Bjørkerust er en gjenganger som skadegjør i Norge. Den er iøynefallende og dermed «lett» å registrere. Sterke angrep kan gjerne forekomme 2–3 år på rad, men i 2019 var det ikke registrert sterke angrep.

Frost (frosttørkeskader) ble rapportert 8 ganger, fra 7 kommuner. De sterkeste skadene ble registrert fra Nordland. Tilfeller av frosttørke er ikke så rent sjeldent i vårt langstrakte land og kan være forårsaket av forskjellige situasjoner. Disse skadene kalles også sviskader. Det er gjerne spesielle værforhold på ettersommeren eller tidlig vår som kan utløse frosttørke eller sviing av barmassen hos bartrær. Særlig lange perioder med store forskjeller mellom dag og natt-temperaturer i mars-april,

med fint vær og med høye temperaturer om dagen og kuldegrader om natta, kan gi frosttørke. Vinden kan i tillegg bidra med å tørke ut nålene til bartrær. Skaden er lettest å se på furu siden døde nåler henger på lenger enn hos gran.

Granbarkbiller ble rapportert 12 ganger fra 12 kommuner (se også kap. 5).

Granrust (*Chrysomyxa abietis*) hadde 21 innmeldte skader fra 15 kommuner. Granrust er, som bjørkerust, lett å se når den opptrer i store mengder. Tidlig på sommeren henger fremdeles de angrepne fjorårsnålene på, mens utover ettersommeren og høsten faller de av, noe som er typisk for granrust. Nye angrep på årets nåler er synlige først sent på sommeren (Figur 49).

Hjort- eller hjortedyrskader ble rapportert 57 ganger fra 47 kommuner jevnt fordelt over hele landet. Det er rapportert feie- eller beiteskader på de fleste treslag.

Målere ble rapportert 97 ganger fra 63 kommuner (se også kap. 4).

Ospe-skranting som ble rapportert første gang i årsrapporten om Skogens helsetilstand i 2017, er svært utbredt i Troms og Finnmark. Mange trær ser ut til å dø. Det er også kommet rapport om en lignende skade på ospetrær i høyereliggende strøk i Sør-Norge. Symptomene er tydelige først på bladene som viser klar avdøing, særlig i bladstilken og langs bladets nervatur (Figur 50). Ospe-skranting har pågått i en ti-års tid i Nord-Norge, og har de senere årene økt kraftig. Den er også vanlig i nordlige deler av Finland, og trolig i grenseområder i Sverige. Blant annet registrerte vi omfattende skader i grenseområdene mellom kommunene Kåfjord og Storfjord langs E6. Fra skrantende osp har vi isolert flere aktuelle sopper som vi etter hvert vil teste for patogenitet i inokuleringsforsøk. Siden skadene er så framtrepende og omfattende at de truer med å desimere ospen i nord, har vi et pågående arbeid med å foreta flere systematiske isoleringer.

Utbrudd av **rød furubarveps** (*Neodiprion sertifer*, Figur 51) er rapportert 26 ganger, først og fremst fra kommuner i Østfold. Det var til dels sterke angrep på furu i et område mellom Sarpsborg og Halden. Skadene er iøynefallende og de angrepne trærne trer tydelig fram i terrenget. De er lyse brune, og står i tydelig kontrast til den grønne vegetasjonen ellers. Symptomer er karakteristiske, men forskjelligartet, avhengig av larvenes utviklingsstadium. Mens eldre larver lar bare nålebasis stå igjen, lar de yngre larvene gjerne en tynn midtstreng stå igjen. Rød furubarveps har opp gjennom årene hatt større og mindre angrep flere steder i landet. Et angrep varer gjerne i 2–4 år, og flerårige sterke angrep vil føre til en tilvekstreduksjon. Enkelte trær kan også bli drept.

Snøskader ble innrapportert 394 ganger fra 152 kommuner. De sterkest berørte kommuner var sørøst i landet, fra Agder til Hedmark. Ved snøskader er det ofte snøbrekk som er årsak til store forsikringsutbetalinger via Skogbrand Forsikring. Snøbrekk forekommer i varierende grad, og det er gjerne i visse høydelag at skaden inntreffer. Mye av snøskadene registrert i 2019 skyldes trolig de omfattende skadene som forekom i 2018.

Stormskader ble innrapportert 394 ganger fra 196 kommuner, jevnt fordelt over hele landet. Mens det i 2018 ble registrert 2 ekstremværsituasjoner (Cora og Knud), ble det i 2019 ikke registrert noen ekstremvær i Norge av Meteorologisk institutt. Også når det gjelder stormer er nok de fleste skadene eldre, særlig fra 2018.

Tørkeskader ble rapportert 90 ganger fra 49 kommuner. Det var flest rapporter fra områder sør for Trøndelag, særlig fra Telemark. Sommeren 2018 var ekstrem tørt og tørkeskadene forårsaket dette året kom gjerne til syne i løpet av 2019 og enda senere. Mest utsatt var skog på tørkeutsatte arealer, og gran er det treslaget som var sterkest rammet. Fordi gran har et grunt rotsystem er den særlig utsatt for avdøing når den øvre delen av jordsjiktet tørker ut. Også andre treslag ble berørt av tørke.



Figur 49. Årets grannåler angrepet av granrust (*Chrysomyxa abietis*). Foto: Isabella Børja.



Figur 50. Typiske tegn til ospekranting; avdøing av bladstilker og bladets nervatur, samt nekrotiske flekker på bladene. Foto: Isabella Børja.



Figur 51. Angrep av rød furubarveps (*Neodiprion sertifer*) på furu. Foto: Isabella Børja.

Konklusjoner

- I **den landsrepresentative skogovervåkingen** ble det registrert en liten nedgang i krone-tetthet hos gran og furu i 2019 som kan være relatert til den omfattende tørken i Sør-Norge i 2018. Det ble registrert mange tørkeskader hos eiketruer, som hadde et urovekkende høyt skadenivå.
- Kjemiske analyser av luft, nedbør og jordvann i **den intensive skogovervåkingen** har vist at avsetning av antropogene nitrogen- og svovelforbindelser fortsatt var høyere på flata i Birkenes enn i Hurdal og Osen pga. langtransportert forurensing. Til tross for dette ble det målt lave nitrogenverdier i barnåler i Birkenes, og konsentrasjonen av N i barnåler sank kraftig på alle tre flater.
- I Hurdal har det vært en betydelig redusert høydertilvekst i siste femårsperiode, noe som gjenspeiles av den dårlige kronetilstanden til grantrærne her.
- Det ble målt relativt høye ozonverdier i 2019, og UNECEs grenseverdi på 5000 ppb-timer for skog ble overskredet på 4 av 7 målestasjoner. Dette på tross av at det har vært store reduksjoner i utslipp av ozondannende forløpere i Europa, og det illustrerer den sterke koblingen mellom klima og nivået av bakkenært ozon.
- Langtidsserier fra vegetasjonsanalyser i ni vernede granskogsområder i **Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)** viser en betydelig reduksjon i artsantall og mengdeendringer for arter i bakkevegetasjonen fra 1988 til 2019, både for mange karplanter og moser. Økt høsttemperatur og derved lengre vekstsesong samt få smågnagertoppår er trolig de viktigste årsakene til at noen få store skogsmoser har økt i mengde, bidratt til fortetting av skogbunnen og overvokst små arter.
- **Overvåking av bjørkemålere** har vist at bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellregionene i Sør-Norge har opplevd betydelige utbrudd av bjørkemålere i løpet av de siste 6–7 årene. Overvåkingen i 2019 viste imidlertid at bestandene er i tilbakegang for landet sett som helhet.
- Tørkesommeren 2018 ga svært gode betingelser for **stor granbarkbille**. Til tross for dette startet det ikke barkbilleutbrudd verken i 2018 eller 2019. Dette kan bl.a. skyldes at fuktig og kjølig vær i årene før 2018 ga lave populasjoner ved start av 2018 og at også forsommeren 2019 var svært fuktig og kjølig.
- Dagens importkontroll mot **fremmede skogskadegjørere** er basert på stikkprøver fra importsteder, men disse artene kan likevel bli innført til nærliggende skoger når varevolumene er for store for påvisning med stikkprøver. Siden tollstatistikk tyder på fortsatt import av varer som allerede er regulert på grunn av potensiale for å bringe med alvorlige skogskadegjørere, er det behov for mer effektiv overvåking og lovregulering som kan forebygge innførsel av fremmede skogskadegjørere.
- **Bakteriesjukdommer på trær** ser ut til å være et økende problem i Norge. Bakterier spres hovedsakelig med plantemateriale, og den store importen av prydplanter, frukttrær og skogplanter er derfor urovekkende.
- **Askeskuddsyke** har spredt seg gjennom det aller meste av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, og svært mange trær har blitt syke og dødd. Likevel finnes det fortsatt friske asketrær, også på våre overvåkingsflater. Frø fra noen av disse har blitt samlet inn tidligere og dyrket opp som ledd i utvikling av motstandsdyktig plantemateriale.
- **Andre spesielle skogskader** i 2019: Ospeskranting var svært utbredt i Troms og Finnmark. Skadene er omfattende, og mange trær ser ut til å dø. Det er også rapportert en lignende skade på osp fra høyereliggende strøk i Sør-Norge. Årsaken er fremdeles ikke klarlagt. Fra Sør- og Østlandet ble det rapportert omfattende snø- og tørkeskader, samt angrep av furubarveps i Østfold. Stormskader var vanlige i hele landet i 2019.

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.