



Figur 17. Eksempel på hvordan utbredelsen av lauvskognonnen (*Lymantria dispar*) i Nord-Amerika overvåkes ved hjelp av feromonfeller. Figuren til venstre viser utbredelseskart der fargekoden angir antall insektindivider per felle og viser fronten for økt utbredelse mot sørvest. Bildet til høyre viser feromonfelle for overvåking. Kilde: USDA APHIS PPQ Archives, www.forestryimages.org.

Konklusjon:

- Det anbefales at feromonfelleovervåkingen av granbarkbillen opprettholdes i uendret form for å oppnå mest mulig sammenlignbare data over tid.
- Overvåkingen av granbarkbillen bør suppleres med registrering av skadde trær. Metodikken bør være den samme som i Sverige for å gi sammenlignbare resultater.
- Det bør være en egen overvåking ved importhavnene hvor fremmede arter har størst sannsynlighet for å bli introdusert.
- Det bør være en målrettet overvåking av andre arter som er potensielle skadegjørere. Hvilke arter som skal inkluderes må vurderes.

4.3 Populasjonsovervåking av sopp

Kåre Venn og Carl Gunnar Fossdal, Skog og landskap

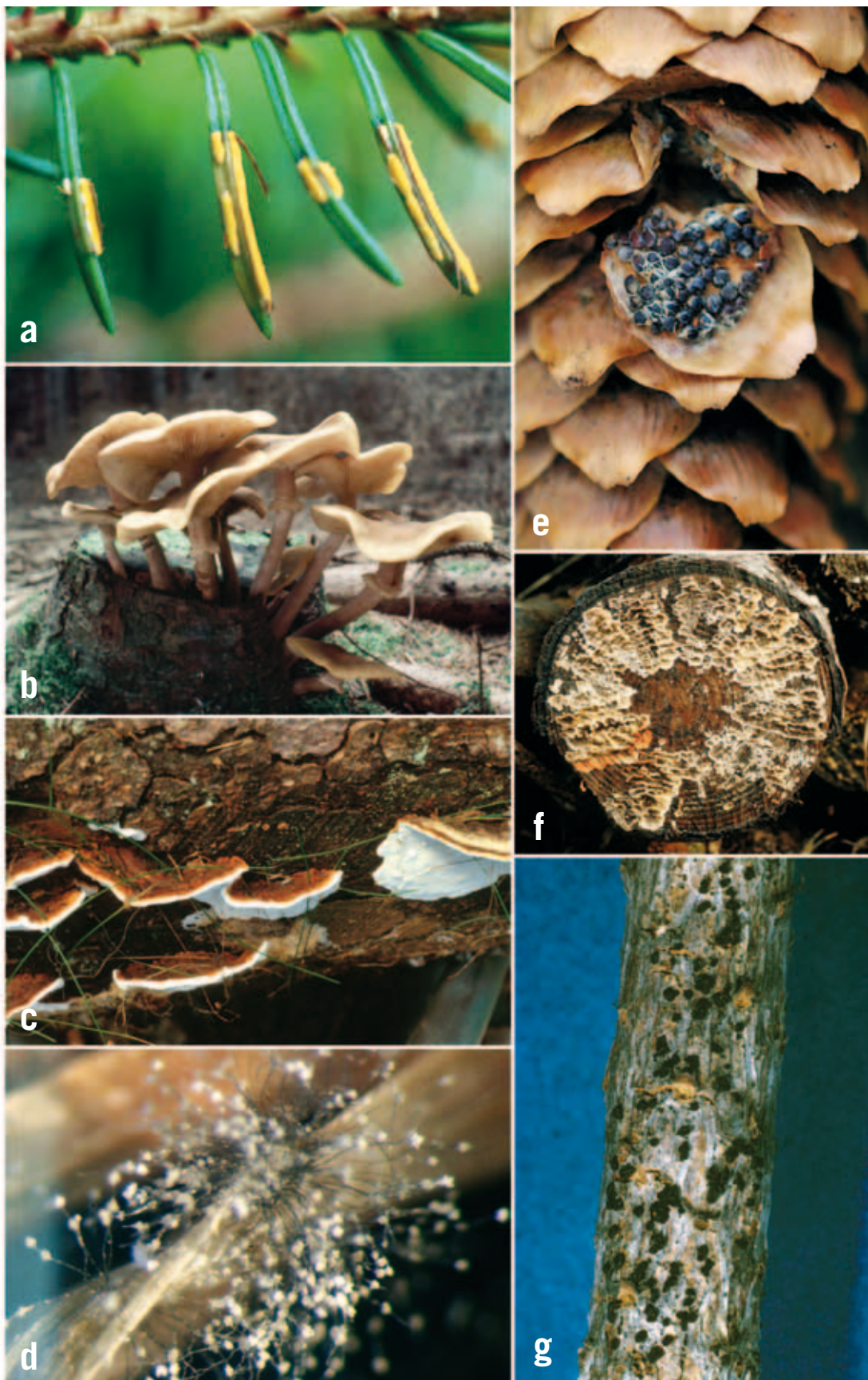
En systematisk overvåking av utvalgte sopparter kan gjøres ved å utvikle et system med fangst av soppsporer i volumetriske luftprøvetakere og påfølgende identifikasjon og kvantifisering ved hjelp av DNA-baserte metoder. Dette kan være aktuelt for viktige skadesopper, som rotkjuke, knopp- og grein-tørkesoppen, granrustsoppen og gråskimmelsoppen.

Sopper som skader skogstrær er til en viss grad bundet til stedet der de vokser. Mengden eller utbredelsen på stedet har betydning for hvilken evne de har til å spre seg og angripe nye trær. Jo mer infisert et skogområde er, jo større er faren for nye angrep, under ellers like forhold.

Soppenes formering skjer som regel ved hjelp av sporer. Sporedannelsen avhenger av soppens utviklingstrinn og skjer ofte i takt med døgntid og årstid, og den varierer med ytre påvirkninger, slik som ulike værforhold. Høyere temperaturer, lengre vekstsesong og fuktigere vær begunstiger sporedannelsen.

Sporenes levedyktighet avhenger av værforholdene, særlig luftfuktigheten, og avtar med tiden. De fleste soppsporene kan spres gjennom luften. Fra et angrepssted med en sporekilde vil nye angrep oppstå i et vifteformet område nedover i den herskende vindretningen og avta med avstanden. Noen sporer kan spres via vann eller jord, og andre har mulighet til å følge med planter, dyr eller mennesker. Den viktigste spredningsveien mellom land og kontinenter er overføring i plantemateriale eller andre handelsvarer.

For vurdering av mulige tiltak vil det generelt sett være av stor verdi å ha kunnskap om hvilke sopparter som finnes i et område og hvilket smittrykk de har. Her vil vi i hovedsak bare være interessert i de sykdomsfremkallende artene som potensielt kan gi skader på skog (Figur 18). For flere av disse finnes rådgjerder som kan settes inn for å hindre skade. Importforbud eller desinfeksjon er aktuelle tiltak mot de fremmede, farlige soppene.



Figur 18. Dannelse av vindsprede sporer hos noen viktige skogssykdommer: (a) granrustsoppen, sporehoper på nåler; (b) honning-sopp, hatter på stubbe; (c) rotkjuke, fruktlegemer på en rot; (d) gråskimmelsopp, sporebærere på død barnål; (e) lokkrustsoppen, sporehus på kongleskjell; (f) toppråtesoppen, fruktlegemer på stokkende; (g) knopp- og greintørkesoppen, fruktlegemer på furugrein. Foto: a, b, e Halvor Solheim; c, f, g Finn Roll-Hansen; d Isabella Børja.

Den tradisjonelle overvåkingen av tilstanden har vært basert på eksperters observasjoner og funn ved tilfeldige eller mindre systematiske prøvetakinger. En slik (kvalitativ) metode kan avklare om en bestemt sopp er tilstede eller ikke, men sjelden besvare spørsmålet om omfanget.

En mer representativ (kvantitativ) overvåking kan baseres på observerbare symptomer. Symptomene er ofte lite spesifikke, og observatøren må ha solide kunnskaper. I noen tilfeller fremkaller soppangrepet likevel nokså typiske symptomer (tyritopp, lerkrekraft, løvtrekraft, snøskytte, lokkrust, gulrust, bjørkerust), som kan registreres og gi et noenlunde sikkert uttrykk for graden av infeksjon i et område. Slik systematisk registrering av kjente symptomer er derfor et godt grunnlag for et operativt overvåkings-system. Det vil imidlertid dekke bare et begrenset antall skogsykdommer, samtidig som det er kunnskapskrevende og arbeidsintensivt.

Måltrettet prøvetaking for noen særlig utvalgte sopper, ved systematisk søk etter disse soppenes fruktlegemer og eksisterende sporedannelse, kan være en noe lettere vei å gå, men oversikt oppnås bare over en begrenset del av de tilstedeværende soppene. En ulempe er at fruktlegemer og sporulering ofte ikke dannes før angrepet har pågått i lengre tid. Dessuten ytrer soppene seg ofte ved mikroskopiske, små fruktlegemer, og bare et fåtall sopper som rotkjuke og flatkjuke (*Ganoderma*) kan gjenkjennes ut fra sporeformen alene.

Innsiktsfull, systematisk, representativ prøvetaking, med isolering og påfølgende identifisering av skadegjørere, er den sikreste veien å gå, men den er både kunnskaps- og arbeidskrevende. Prøvene kan tas fra luft, vann, jord eller plantemateriale. Ut fra dette kan soppene isoleres, dyrkes frem på utvalgte substrater og identifiseres i renkultur. Dersom prøvene tas systematisk, slik at de er representative for volum av luft, vann eller jord, eller areal, vil resultatene gi et visst objektivt mål på populasjonsstørrelsen.

Isolering og dyrking av sopper foretas på kunstige vekstmedia, som i mange tilfeller er gjort selektive for bestemte sopper og utelukker andre (vha. antibiotika, næringsemner, kjemikalier). For å fremkalle de spesifikke karakterene hos den enkelte sopp må som regel flere media benyttes for kultivering. Dette kan kreve mye tid og må skje under egnede laboratorieforhold.

Den endelige identifiseringen av soppene kan tradisjonelt skje ved undersøkelse av renkulturer med

fruktlegemer og sporedannelse, samt andre synlige karakterer, observert med det blotte øye eller under forstørrelse i mikroskop. Observerte karakterer sammenholdes med eksisterende beskrivelser. Slik tradisjonell identifisering kan være meget tidskrevende.

Ny teknologi åpner imidlertid mulighet for enklere og raskere overvåkingsmetoder. Utgangspunktet er fortsatt en systematisk og innsiktsfull prøvetaking. Den videre identifisering av skadegjøreren kan i dag baseres på DNA-bestemmelse og skjer ved laboriemessig separering av prøven og bruk av biokjemiske metoder. Sannsynligvis vil det i fremtiden bli utviklet spesielle sett for hurtig feltmessig bestemmelse av prøver. Metoden vil da ikke være avhengig av prøvetaking, isolering og dyrking, men gå direkte på DNA i sporer eller det soppvev (levende eller dødt) som måtte være tilstede i prøven. Flere tilstedeværende sopper vil kunne identifiseres fra samme prøve.

Fremtidige overvåkningsopplegg vil kunne basere seg på relativt enkle og få systematiske prøvetakinger, med rask identifisering gjennom DNA-analyse og sammenlikninger med kjente profiler tilgjengelig i databaser. Dette vil kunne gi tilstrekkelig informasjon om populasjonsstørrelser og mulig angrepsrisiko, som basis for vurdering om rådgjerder skal settes inn.

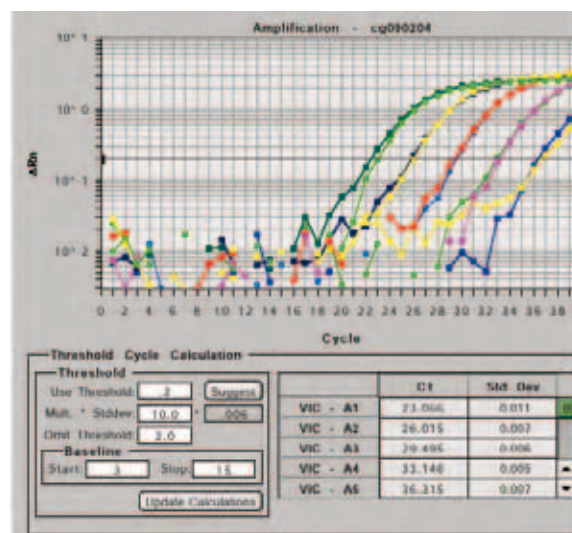
Patogene sopper inneholder, som alle andre levende organismer, gener som er kodet inn i DNA-trådene i soppcellenes kromosomer. Vi kjenner i dag forskjeller i baserekkefølgen i utvalgte gener fra en rekke patogene sopp (hver art har sin egen unike baserekkefølge som skiller seg fra baserekkefølgen i det tilsvarende genet fra en annen art). Dette gjør det mulig å bestemme hvilke arter som er tilstede. Skog og landskap er i gang med å bygge opp en DNA-database for sopp, for å bli i stand til å kunne skille mellom de hundrevis av ulike sopparter som kan være tilstede i en prøve.

Ved skog og landskap har vi tatt i bruk en DNA-basert metode (kvantitativ sanntids PCR) for å nøyaktig identifisere og kvantifisere mengden av patogen sopp. Metoden har den fordel at den er uhyre sensitiv og kan brukes selv på svært uttynnede prøver, og DNA fra en patogen sopp kan finnes blant DNA fra et stort antall andre arter i samme prøve. Vi har så langt utviklet denne metoden for å påvise rotkjuke, knopp- og greintørkesoppen, *Sirococcus conigenus* på småplanter, lokkrustsoppen (*Thekopsora areolata*), samt noen råtesopper som hovedsakelig bryter ned død ved.

Bruken av et slikt DNA-basert verktøy betyr at man ikke bare kan finne ut hvilke patogene sopper som er tilstede i prøven, men også mengden, noe som er essensielt for å kunne forutsi graden av infeksjonsfare forbundet med hver enkel sopp (Figur 19). Sammenlignet med andre analysemetoder i forbindelse med overvåking av skogens helse forventer vi at et slikt DNA-baserte deteksjonsverktøy vil gi en uovertruffen sensitivitet og presisjon ved identifisering av patogene sopper som er tilstede i skogskade-sammenheng og integrert med andre analysemetoder i forbindelse med overvåking av skogens helse.

En mulig måte for å utnytte DNA-teknologien vi behersker i dag, er å sette opp volumetriske luftprøvetakere med etterfølgende ekstraksjon av DNA for deteksjon og kvantifisering av forekommende sopp-sporene ved hjelp av kvantitativ sanntids PCR. Identifisering ved bruk av andre innsamlingsmetoder kan også tenkes. Dette vil muliggjøre en systematisk DNA-basert overvåking og fungere som et nytt alternativ til metoder som allerede er i bruk, og vil kunne fungere som en parallell til den nåværende bruk av feromonfeller for å kvantifisere forekomst av insekter. For å utvikle denne overvåkingsteknikken må DNA-ekstraksjonsmetoder og kvantitative PCR-analyser tilpasses bruken av volumetriske luftprøvetakere. Det er fullt mulig å utvikle dette verktøyet, men det vil kreve investering i forskning og metodeutvikling for å få det på plass.

Liknende metoder er under utvikling for overvåking av biologisk mangfold, hvor fragmenter av planter eller dyr samles i feller og deretter identifiseres og kvantifiseres ved hjelp av DNA-analyse. En fremtidsvisjon er samordnede opplegg for overvåking av sopp sykdommer, biologisk mangfold, pollenforekomst og fenologiske ytringer. Det er fullt mulig å utvikle også dette verktøyet, men også det vil kreve investering i forskning og metodeutvikling for å få på plass.



Figur 19. Kvantifisering av DNA ved hjelp av kvantitativ sanntids PCR fra prøver som inneholder 10, 1, 0,1, 0,01 and 0,001 nanogram DNA fra målorganismen. Husk at 1 nanogram er det samme som 0.000000001g! Dette betyr at det er mulig å finne ut om en enkelt sopp spore er tilstede i prøven. Lave verdier på X-aksen indikerer mer sopp i prøven.

4.4 Registreringer av skogskader på permanente felt

Svein Solberg, Skog og landskap

I Norge har vi hatt overvåking av skogens helsetilstand på permanente felt i over 20 år. En del av disse registreringene kan være av verdi også for en overvåking av skogskader relatert til klimaendringer, og en videreføring har fordelen av at lange tidsreier sikres og videreføres. Forbedringer og kostnadsreduksjoner sammenliknet med dagens overvåking kan oppnås ved at noen registreringer erstattes av nye metoder som fjernmåling og automatiserte målinger, og noen registreringer kan slås sammen med andre aktiviteter.

I Europa, Nord-Amerika og deler av Øst-Asia har det pågått overvåking av skoghelse i omkring 20 år. Målingene er basert på visuelle registreringer av generelle skoghelseindikatorer som kronetetthet, kronefarge, avdøying, sekundærskudd og konglesetting. I Norge foregår disse registreringene på regionale overvåkingsflater (tidligere skogoppsynets flater), på landsskogtakseringens flater, i tillegg til mer hyppige registreringer av klimaforhold, bunnvegetasjon, trærnes tilvekst, strøfall og næringsinnhold samt jord- og nedbørkjemiske forhold på intensive overvåkingsflater.

Visuelle observasjoner er beheftet med usikkerhet. Selv om flere undersøkelser har vist at registreringene gir meningsfulle datasett med sammenfal-