

# Klimaeffekter på granbarkbillen

Modellsimuleringer viser at hyppigere stormer og tørkeperioder vil kunne gi hyppigere og kortere barkbilleutbrudd. Varmere sommere kan føre til at vi får to barkbillegenerasjoner per sommer i stedet for én, og dermed to perioder der billene angriper skog.

## BJØRN ØKLAND

Seniorforsker, Norsk institutt for skog og landskap (bjorn.okland@skogoglandskap.no)

## PAAL KROKENE

Seniorforsker, Norsk institutt for skog og landskap (paal.krokene@skogoglandskap.no)

## HOLGER LANGE

Seniorforsker, Norsk institutt for skog og landskap (holger.lange@skogoglandskap.no)

I et prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd (NORKLIMA) har vi fokusert på hvordan klimaendringene kan slå ut for en sentral art for norsk skogbruk, nemlig granbarkbillen (*Ips typographus*). Granbarkbillen er et av de få insektene hos oss som er i stand til å drepe trær i stort antall, og dette gjør den til en nøkkelart både i økonomisk og økologisk forstand. Gjentatte utbrudd i løpet av de siste århundrene har gitt katastrofale skogødeleggelser i Sentral- og Nord-Europa. Siste utbrudd i Sør-Norge på 1970-tallet ødela skog tilsvarende fem millioner kubikkmeter tømmer som den gangen utgjorde 500 millioner kroner. Granbarkbillen har også stor økologisk betydning. Hele skogsmiljøet endres der granbarkbillen har drept grupper av grantrær, både ved at lysforholdene endres, og ved at arter som lever på levende trær byttes ut med arter som lever på døde trær.

Prosjektet har lagt vekt på å få en grunnleggende forståelse av hvordan klimaet påvirker populasjonsdynamikken hos granbarkbillen. En forutsetning for dette arbeidet har vært det omfattende overvåkningsprogrammet av granbarkbillen som Landbruks- og matdepartementet har finansiert gjennom 25 år. Tidsseriedata fra mer enn

klimaet innvirker på denne arten. Den simuleringsmodellen som viste beste samsvar med historiske utbrudd ble benyttet for undersøke hvordan utbruddshyppighet og -lengde kan endres i et fremtidig klima. I tillegg har vi analysert en modell for utviklingshastighet hos granbarkbillen med temperaturtidsserier fra hele Norge for å undersøke hyppigheten av to generasjoner per sesong både for målte observasjoner i en historisk kontrollperiode (1961-1990) og for fremtidige klimascenarier (2071-2100).

## Klimaet påvirker antallet

Statistisk analyse av tidsseriene med overvåkingsdata viser at populasjonstørrelsene hos granbarkbillen svinger noenlunde i takt over svært store områder, det vil si avstander opp til 400 km. Granbarkbillen har også synkroniserte utbrudd over store områder, og graden av synkronisering viser seg å være sterkere enn for en rekke andre tredrepande barkbiller. En slik storskala synkronisering tyder i seg selv på at klimatiske faktorer spiller en vesentlig rolle for populasjonsdynamikken hos denne arten. Mønstrene i samvariasjon hos granbarkbillen har størst likhetstrekk med hvordan vindfelling samvarierer i landskapet, mens de avviker fra tilsvarende mønstre for temperatur og nedbør. Ser vi på tidsserien for hele Østlandet under ett, så ser vi at den største økningen i billepopulasjonene kom etter de omfattende vindfellingene i 1987. En sterk sammenheng med populasjonstørrelsen i det foregående året (dvs. tetthetsavhengighet) tyder på at tilgangen på «mat» (dvs. døde og svekkete grantrær) styrer populasjonstørrelsen, mens naturlige fiender ikke ser ut til å spille noen avgjørende rolle i å regulere mengden av granbarkbiller. Deler vi landet inn i regioner, ser vi at tidsseriene innenfor områder som for eksempel lavlandet på Østlandet og Trøndelag er forholdsvis like, mens det er svært stor

Siste utbrudd i Sør-Norge på 1970-tallet ødela skog tilsvarende fem millioner kubikkmeter tømmer som den gangen utgjorde 500 millioner kroner.

100 lokaliteter i de viktigste granskogsområdene i Norge har vært analysert og sammenholdt med ulike simuleringsmodeller for å forstå hvordan



Foto: Karsten Sund, Naturhistorisk museum Oslo.

**DREPER TRÆR.** Granbarkbilen er et av de få insektene hos oss som er i stand til å drepe trær i stort antall, og dette gjør den til en nøkkelart både i økonomisk og økologisk forstand. Gjentatte utbrudd i løpet av de siste århundrene har gitt katastrofale skogødeleggelser i Sentral- og Nord-Europa.

forskjell mellom disse områdene. Årsaken til slike regionale forskjeller i billepopulasjonene er trolig at Trøndelag og Østlandet rammes av stormer og påfølgende vindfellinger til ulik tid. Risikoen for nye barkbilleutbrudd avgjøres i stor grad av kombinasjonen av store vindfellinger og mengden av svekkete trær som er tilgjengelige i det billepopulasjonene øker. Fordelingen av ekstremvinder over tid er avgjørende for hyppigheten av store vindfellinger, men spiller også en vesentlig rolle for akkumuleringen av svekkete trær i perioder mellom utbrudd. Praktiske konsekvenser av disse funnene er at hyppigheten av store vindfellinger og hvor effektivt de vindfelte trærne ryddes ut av skogen før billene rekker å formere seg i dem bestemmer risikoen for nye barkbilleutbrudd. Våre synkronitetsanalyser indikerer også at tiltak bare er effektive dersom de iverksettes over store områder.

## Hyppigere og kortere utbrudd?

Granbarkbillene er bare i stand til å drepe trær når de er mange. I tillegg til billeantallet er langvarig tørke og andre faktorer som svekker trærnes motstandskraft viktige fordi de bestemmer hvor mange biller som skal til for å erobre levende trær. Antallet svekkete trær akkumuleres i tiden mellom utbrudd og forbrukes raskt under utbrudd. Svekkete trær fungerer således som et slags drivstoff for utbruddene. Begge disse matressursene (svekkete trær og vindfall) inngår i en ny simuleringsmodell for granbarkbillens populasjonsdynamikk. Simuleringer fra denne modellen viser stor variasjon i oppholdstiden mellom hvert utbrudd, mens utbruddslengden som oftest er relativt konstant rundt 8-10 år. Dette samsvarer bra med historiske data for barkbilleutbrudd i Norge de siste 250 år.

Enkelte klimascenarier antyder at kraftige

stormer kan bli langt hyppigere i fremtiden, selv om usikkerheten er stor. En økning i stormhyppigheten vil føre til flere store vindfellinger og raskere oppbygging av svekkete trær, noe som i følge simuleringsmodellen både vil gi kortere opphold mellom utbrudd og kortere varighet av hvert utbrudd.

## Fra en til to generasjoner

Med dagens klima har granbarkbilen en generasjon per år i Norge (univoltin livssyklus), men vi vet at granbarkbilen er ganske fleksibel i forhold til hva slags livssyklus den kan ha. I store deler



**NORKLIMA**  
Klimaendringer og konsekvenser for Norge

**NORKLIMA**  
Et av Norges forskningsråds Store programmer

NORKLIMA (2004-2013) er en nasjonal satsing på klimaforskning og er et av Norges forskningsråds «Store programmer». Klimaforskningen vil bidra med kunnskap til internasjonalt samarbeid om klimaproblematikken, og til alle samfunnssektorer og næringer i Norge som forventes å bli betydelig berørt av klimaendringer. Utfordringene fremover er å stimulere til økt satsing på effektforskning, økt tverrfaglighet i forskningsprosjektene, kobling mellom grunnforskning og anvendt forskning, samt god dialog og samarbeid med aktuelle samfunnssektorer og næringer.

 **Forskningsrådet**  
www.forskningsradet.no/norklima

av Europa, inklusive Danmark, gjennomfører granbarkbillen to generasjoner per år det meste av tiden. I Sør-Tyskland og Italia har det også vært rapportert om tre generasjoner i enkelte år. Global oppvarming med forlenget vekstsesong vil trolig også påvirke granbarkbillens livssyklus i Norge. Med utgangspunkt temperaturkravene til de ulike utviklingsstadiene hos granbarkbillen (egg, puppe, larve og voksen) har vi utviklet en modell som beregner andelen av år med to generasjoner barkebiller ved ulike temperaturregimer. Modellen er styrt av døggradsummer: For alle utviklingsstadiene gjelder det at når temperaturen er under en nedre terskelverdi stopper utviklingen helt opp, for så å øke tilnærmet retlinjet etter hvert som temperaturen stiger. Hvert utviklingsstadium

## Global oppvarming med forlenget vekstsesong vil trolig også påvirke granbarkbillens livssyklus i Norge.

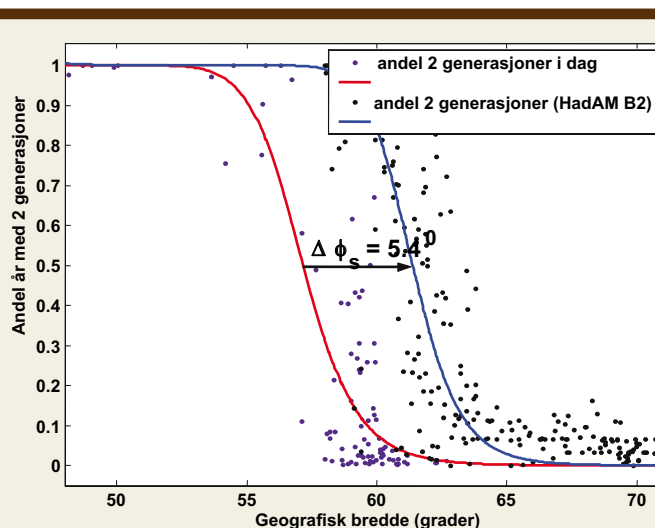
har sin egen terskelverdi og døggradkrav. Vi har sammenlignet andelen av år med to generasjoner mellom normalperioden 1961-1990 og temperaturscenarier for perioden 2071-2100. For begge disse 30-årsperiodene benyttet vi daglige gjennomsnittstemperaturer fra nesten 340 målestasjoner fordelt over hele Norge. For klimascenariene er stasjonstemperaturene nedskalerte versjoner av regionale klimamodeller. I tillegg har vi sett på historiske temperaturdata fra enkeltstasjoner i Sverige, Danmark og Tyskland for å se hvor grensen for utviklingen av to generasjoner per år går i dag, og hvordan denne grensen vil bevege seg nordover i fremtiden.

Modellen bekrefter vår antagelse om at dagens klima er for kjølig for to generasjoner i det meste av granbarkbillens utbredelsesområde i Norge. Bare

i de aller varmeste områdene rundt Oslofjorden er det varmt nok til at granbarkbillen i følge modellen kan fullføre to generasjoner i opptil 30 prosent av årene. Dette er sannsynligvis så sjelden at billene er genetisk programmert til å bare gjennomføre en generasjon. Biller fra en eventuell påbegynt andre generasjon som ikke rekker å gjennomføre larve- og puppestadiet før vinteren kommer vil høyst sannsynlig fryse i hjel fordi disse utviklingsstadiene ikke tåler like lave temperaturer som voksne biller.

Med den temperaturøkningen som forventes om 60-90 år blir bildet et helt annet. For eksempel viser resultater fra Hadley klimamodellen med scenario B2 (et moderat utslippsscenario) en økning på 2,5 °C i snitt for hele landet, og opp til 6,5 °C for enkelte områder. Med dette scenariet ser de viktigste granskogsområdene i Sør-Norge ut til å få to barkbillegenerasjoner per år hvert eneste år. I forhold til dagens situasjon vil utbredelsen av to generasjoner per år hos granbarkbillen flytte seg om lag 600 km nordover (Figur 1). Fordeling av temperaturøkningen over året har også stor betydning for barkbillenes utvikling: I de varmeste områdene slik som i Ås i Akershus vil en temperaturøkning på bare 1 til 1,5 °C i august og september være nok til at vi går fra ingen til nesten 100 prosent år med to generasjoner per år.

To barkbillegenerasjoner per år innebærer to fluktperioder og en markert økning i antall angrep på stående trær hvert år. Effekten forsterkes dessuten av at grana ser ut til å ha mye lavere motstandskraft mot barkbilleangrep på sensommeren når en eventuell andre generasjon vil angripe. Våre resultater kan imidlertid ikke si noe presist om en overgang fra en til to generasjoner faktisk vil føre til økt volum av skade. Foreløpige modellsimuleringer viser både nedgang og økning i volumet av drept skog, avhengig av forutsetningene. Fordi tilgangen på svekkete trær er drivstoffet som holder barkbilleangrepene i gang, kan to generasjoner barkbiller per sommer føre til at dette drivstoffet forbrukes



**Figur 1. Andel år med to generasjoner per år (bivoltinisme) hos granbarkbille beregnet for målte temperaturer (1961-1990) fra Norge, Sverige, Danmark og Tyskland, og for Hadley klimamodell med B2 utslippsscenario (2071-2100) i Norge. Tilpassede logistiske kurver viser at temperaturøkningen vil medføre en geografisk utvidelse av området med to generasjoner per år til om lag 600 km nordover (Lange m. fl. 2006).**





**BARKEBILLESKADER.** Barkbilledrept skog i Tatra-fjellene i Slovakia sommeren 2006. Her forventes det økende barkbilleskader etter omfattende vindfelling i november 2004. Også i Sverige, der mer enn 75 millioner kubikkmeter gran blåste overende i januar 2005, forventes det store angrep neste sommer.

Foto: Andrej Gubka.  
Innfelt: Granbarkbille-  
ganger, foto: Bjørn Økland.

raskere, slik at vi får hyppigere, men mer kortvarige utbrudd. På den annen side kan generasjon nummer to lettere drepe trær. Dette kan føre til at flere trær vil inngå i billenes matfat, noe som i så fall vil gi økt volum av drept skog.

## Muligheter med en tilpasset modell

Fleire forhold tyder på at klimaendringer kan føre til økt risiko for barkbilleutbrudd i landsdeler med mye gammelskog som hittil har vært forskånet for store utbrudd (f.eks. i Trøndelag). Simuleringer med vår ressursbaserte modell indikerer økt hyppighet av utbrudd dersom ekstreme vinder blir hyppigere, og en overgang til barkbillegenerasjoner i store deler av Sør og Midt Norge kan også bidra til økt utbruddsrisiko. I det videre arbeidet ønsker vi å forbedre modellverktøyene våre for å studere disse nye situasjonene. For det første bør modellen for to generasjoner per år innarbeides i den ressursbaserte simuleringsmodellen. Deretter bør simuleringsmodellen gjøres romlig og skreddersys til et skandinavisk landskap. I tillegg til å estimere lengde og ventetid mellom utbrudd, bør modellen også kunne estimere volumet av skogsskade som forårsakes av barkbilleangrepene. Vi regner også med at nedskalerte klimatiske underlagsdata forbedres i tiden som kommer, slik at presisjonen i modellestimatene kan bli bedre.

Mye tyder på at skogstruktur og bestandsstørrelser spiller en vesentlig rolle for utbruddsrisikoen. Vi ser for eksempel at barkbilleutbrudd kan være svært omfattende og intense der det finnes mye

skog som modnes samtidig, slik vi for eksempel ser i de pågående utbruddene av «mountain pine beetle» i Nord Amerika. Vi vet imidlertid ikke hvordan utbruddsrisikoen for granbarkbilen varierer med bestandsstruktur. En tilpasset modell vil kunne brukes for å studere sammenhengen mellom bestandsstruktur og utbruddsrisiko for granbarkbilen i et fremtidig klima i Norge, og noe som kan være et viktig bidrag for klimatilpasning i skogbruket.

## Referanser:

Artikkelen bygger blant annet på resultater fra følgende arbeider:

- Økland, B. & Bjørnstad, O.N. 2003. Synchrony and geographical variation of the spruce bark beetle (*Ips typographus*) during a non-epidemic period. *Population Ecology* **45**: 213-219.
- Økland, B., Liebhold, A.M., Bjørnstad, O.N., Erbilgin, N. & Krokene, P. 2005. Are bark beetle outbreaks less synchronous than forest Lepidoptera outbreaks? *Oecologia* **146**: 365-372.
- Økland, B. & Berryman, A. 2004. Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agricultural and Forest Entomology* **6**: 141-146.
- Økland, B., & Bjørnstad, O.N. 2006. A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* **87**(2): 283-290
- Lange, H., Økland, B. and Krokene, P. 2006: Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change. *Interjournal for Complex Systems* 1648, [http://interjournal.org/manuscript\\_abstract.php?1457663335](http://interjournal.org/manuscript_abstract.php?1457663335)