



Med varmere somre kan granbarkbillens utviklingshastighet øke. Dette betyr at vi kan få to barkbillegenerasjoner pr. sommer og dermed to perioder der billene angriper skog.

# Fra en til to generasjoner?

Et 4-årig forskningsprosjekt ved Norsk institutt for skog og landskap har fokusert på hvilke effekter et endret klima kan få på granbarkbillen. Dette er den andre av to artikler som gjengir noen av resultatene og hva de kan bety for norsk skog. I forrige artikkel tok vi for oss hvordan utbruddene kan bli både hyppigere og kortere i fremtiden, og at svingningene i bestandsnivået skjer i takt over store områder. Her ser vi på hvordan varmere somre i fremtiden kan øke granbarkbillens utviklingshastighet fra egg til voksent insekt. Resultatet kan bli at vi får to barkbillegenerasjoner per sommer i stedet for én, og dermed to perioder der billene angriper skog.

Av Paal Krokene, Holger Lange, Bjørn Økland, Norsk institutt for skog og landskap

**I**debatten rundt klimaendringer og global oppvarming er det mye fokus på endringer i meteorologiske variabler som temperatur og nedbør. Dette er håndgripelige størrelser som det er lett å forstå, og vår kunnskap om prosessene som styrer disse størrelsen, blir stadig mer solid.

I tillegg til de direkte klimaendringene kommer vi i fremtiden også til å oppleve indirekte, økologiske effekter av et endret klima fordi klimaet påvirker alle organismene som omgir oss. Disse økologiske effektene kan komme til å bli enda mer dramatiske og merkbare enn temperatur- og nedbørendringene i seg selv.

## En nøkkelart

I et prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd 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 store trær i stort antall, og dette gjør den til en nøkkelart både i økonomisk og økologisk forstand.

De økonomiske effektene er åpnebare, i det granbarkbillen kan drepe millioner av hogstmodne trær i utbrudd som kan strekke seg over 5-10 år. Men granbarkbillen har også stor økologisk betydning. Hele skogsmiljøet endres der granbarkbillen har drept trær, både ved at lysforholdene endres, og ved at sammensetningen endres.

Insektene er blant de organismene som vil reagere raskest på at klimaet endrer seg fordi de har kort generasjonstid, er fysiologisk følsomme for temperatur og er svært mobile. I likhet med de fleste andre virvelløse dyr er granbarkbillen såkalt vekselvarm eller ektoterm og aktivitetsnivået avhenger av en ytre varmekilde. Dette betyr blant annet at når temperaturen øker går utvikling fra egg til voksent insekt raskere, noe som kan få store praktiske konsekvenser for skogbruken.

## Granbarkbillens livssyklus

I dagens klima har granbarkbillen for det meste en generasjon per år i Norge. De voksne billene tilbringer vinteren nede i skogbunnen, der de er beskyttet mot den verste kulden. Når vi får de første varme dagene i mai-juni flyr billene og legger egg under barken på grantrær (se nærbilde av biller under bark).

Vanligvis utnytter de vindfall og trær som er svekket av tørke eller andre stressfaktorer, men hvis billene er mange nok kan de også angripe friske trær. Larvene utvikler seg under barken i løpet av sommeren, og er vanligvis ferdig utviklet etter 2-3 måneder i lavlandet på Østlandet. Etter et kortere eller lengre næringsgnag under barken forlater de ferdig utviklede billene treet der de vokste opp og oppsøker overvintringssteder i skogbunnen.

## Er fleksibel

I denne ett-årige (univoltine) livssyklusen angriper billene trærne tidlig på sommeren. Studier av granas forsvarsevne har vist at dette er et for-

holdsvis gunstig tidspunkt for trærne, fordi deres innebygde motstandskraft mot angrep er mye høyere da enn senere på sommeren.

Granbarkbillen er ganske fleksibel i forhold til hva slags livssyklus den kan ha. I store deler av Europa, inklusive Danmark, er granbarkbillen såkalt bivoltin det meste av tiden, det vil si at den gjennomfører to generasjoner pr. år. Fordi global oppvarming vil føre til at vekstsesongen i Norge gradvis blir lenger, risikerer vi før eller senere å få to generasjoner granbarkbiller pr. år også hos oss.

## Temperaturavhengig utvikling

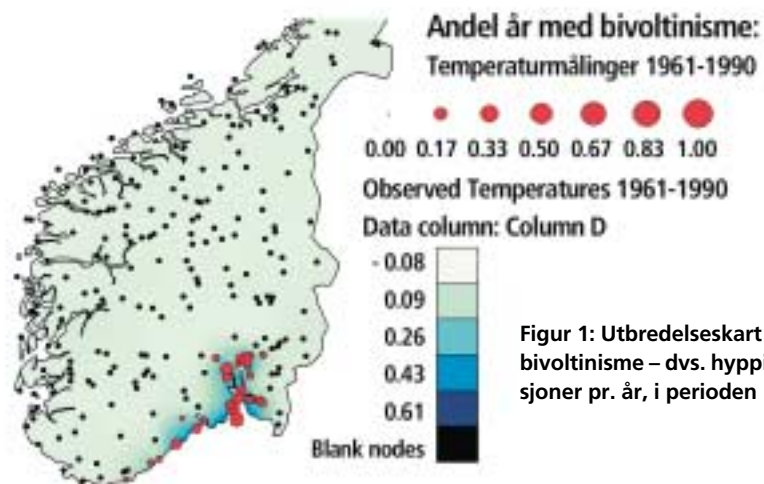
Fordi omgivelsenes temperatur er så avgjørende for insektenes utvikling, kan deres utviklingstid beregnes relativt nøyaktig på bakgrunn av enkle meteorologiske data. I tillegg til temperaturdata benytter vi data på hvordan utviklingshastigheten i de ulike stadiene (egg, larve, puppe, voksen) varierer med temperatur, noe som allerede er publisert i den vitenskapelige litteraturen (Wermelinger & Seifert 1998).

For alle utviklingsstadiene gjelder det at når temperaturen er under en nedre terskelverdi stopper utviklingen helt opp, for så å øke tilnærmet rettlinjet etter hvert som temperaturen stiger. Hvert utviklingsstadium har sin egen terskelverdi.

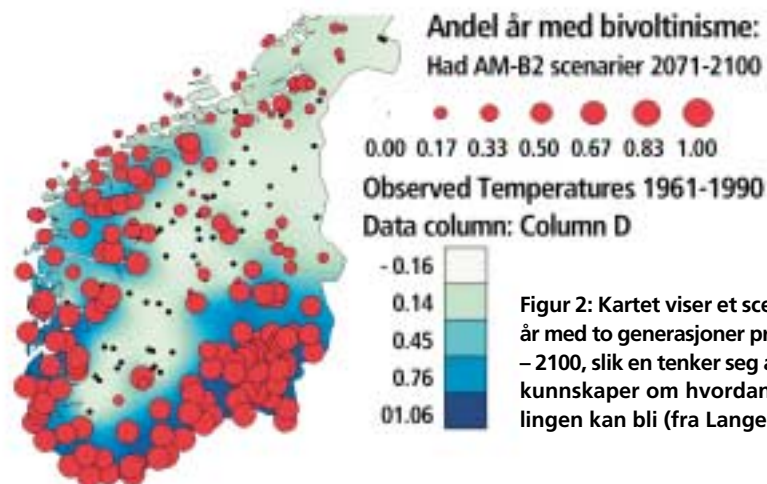
## Gjennomsnittstemperaturer

Temperaturdataene vi benytter i modellen kan komme fra historiske målinger eller fra klimaforskernes scenarier for fremtidens klima. Vi har sammenlignet normalperioden 1961-1990 med temperaturscenarier for perioden 2071-2100 (scenario B2) (Iversen m.fl. 2005). For begge disse 30-årsperiodene benytter vi daglige gjennomsnittstemperaturer fra nesten 340 målestasjoner fordelt over hele Norge.

I tillegg har vi sett på historiske temperaturdata fra enkeltstasjoner i Sverige, Danmark og Tyskland for å se hvor grensen for bivoltin utvikling går i dag, og hvordan denne grensen vil bevege seg nordover i fremtiden. Modellen vår forteller oss ikke bare om vi får en eller to generasjoner av



Figur 1: Utbredelseskart over hyppighet av bivoltinisme – dvs. hyppighet av to generasjoner pr. år, i perioden 1961-1990.



Figur 2: Kartet viser et scenarium over andel år med to generasjoner pr. år i perioden 2071 – 2100, slik en tenker seg at det ut fra dagens kunnskaper om hvordan temperaturutviklingen kan bli (fra Lange m.fl. 2006).



Granbarkbiller under bark i Ås, sensommeren 2004. Første generasjon har valget mellom å overvintrere eller påbegynne en ny generasjon. Foto: Bjørn Økland

granbarkbiller per år, men kan også gi oss detaljert informasjon om tidspunkt for masseflukt om våren og varigheten av de ulike utviklingsstadiene.

#### For kjølig

Det viktigste resultatet fra våre modellkjøringer er at selv en ganske moderat temperaturøkning kan føre til dramatiske endringer i granbarkbillens livssyklus. I det meste av granbarkbillens utbredelsesområde i Norge er det i dag så kjølig at vi aldri vil kunne forvente to billegenerasjoner per år.

Bare i de aller varmeste områdene rundt Oslofjorden er det varmt nok til at granbarkbiller kan fullføre to generasjoner i opptil 3 av 10 år (figur 2), men det er sannsynligvis sjelden nok til 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 vil høyst sannsynlig fryse i hjel, fordi de ikke tåler like lave temperaturer som voksne biller.

#### Små økninger – store endringer

Med den temperaturøkningen som forventes om 60-90 år (det vil si en økning i landssnitt på 2,5 °C) blir bildet et helt annet. Mange av de viktigste granskogsområdene i Sør-Norge ser da ut til å få to barkbillegenerasjoner per år hvert eneste år.

I forhold til dagens situasjon vil utbredelsen av bivoltinisme hos granbarkbiller flytte seg om lag 600 km nordover (Lange m.fl. 2006). En så dramatisk respons på en forholdsvis liten temperaturøkning viser at granbarkbiller i dag befinner seg like under en terskelverdi i forhold til sin utviklingsbiologi.

I de varmeste norske 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 % bivoltine år.

#### Dobbelt så mange angrep

Et skifte fra en til to barkbillegenerasjoner per år kan få stor betydning for norsk skogbruk. For det første vil to generasjoner bety at vi får to perioder per sommer der eggleggende barkbiller flyr og angriper trær. Dette kan bety at vi får dobbelt så mange angrep på stående trær, eller enda flere dersom en overgang til to generasjoner skulle innebære at billepopulasjonene øker i forhold til dagens nivå. Fordi granas motstandskraft mot barkbilleangrep er lavere på sensommeren, skal det færre billeangrep til for å drepe trær for andre generasjon.

Våre resultater kan enda ikke si noe presist om hvordan en overgang fra en til to generasjoner vil påvirke skadevolumet. Foreløpige modellsimuleringer antyder både nedgang og økning i volumet av drept skog, avhengig av forutsetningene.

Fordi tilgangen på svekkete trær er selve drivstoffet som holder barkbilleangrepene i gang, kan to generasjoner barkbiller per sommer føre til at dette drivstoffet forbrukes raskere, slik at vi får hyppigere, men mer kortvarige utbrudd. På den annen side kan generasjon nummer to lettere drepe trær, fordi trærne er mindre motstandsdyktige. Dette kan føre til at flere trær vil inngå i billenes matfat, noe som i så fall vil gi økt volum av drept skog.

#### Hva skjer andre steder?

Situasjonen i Nord-Amerika viser at det er god grunn til å være oppmerksomme på barkbillene i forbindelse med klimaendringer. På grunn av uvanlig varme somre de siste årene har barkbillene vært på fremmarsj både i Alaska, British Columbia og det sydvestre USA.

Mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) har for eksempel hatt historisk store utbrudd i Canada, og disse utbruddene har spredd seg lenger mot nord og lenger til fjells enn noen gang tidligere. I Alaska har den nord-amerikanske granbarkbiller (*Dendroctonus rufipennis*) hatt langvarige utbrudd som sannsynligvis er foranlediget av en raskere utviklingshastighet i et varmere klima.

#### REFERANSER

Iversen, T., Benestad, R., Haugen, J.E., Kirkevåg, A., Sorteberg, A., Debernard, J., Grønås, S., Hanssen-Bauer, I., Kvamstø, N.G., Martinsen, E.A., Engen-Skaugen, T. 2005. Norges klima om 100 år - usikkerheter og risiko. <http://regclim.met.no>.

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, [http://interjournal.org/manuscript\\_abstract.php?1457663335](http://interjournal.org/manuscript_abstract.php?1457663335).

Wermelinger, B. & Seifert, M. 1998. Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 122, 185-191.