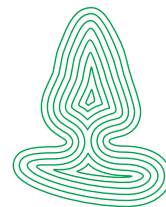


Oppdragsrapport  
fra Skog og landskap

17/2011



---

# GRANBARKBILLENS UTVIKLINGS- HASTIGHET I LIGGENDE GRANTRÆR

Prosjekt barkbilleutvikling 2010

---

Paal Krokene

skog+  
landskap

NORSK INSTITUTT FOR  
SKOG OG LANDSKAP

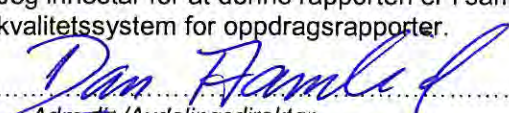
---



# Rapport til ekstern oppdragsgiver fra Skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås. Telefon 64 94 80 00

www.skogoglandskap.no

<b>Tittel:</b> Granbarkbillens utviklingshastighet i liggende grantrær	<b>Nr. i serien:</b> 17/2011	<b>Dato godkjent av oppdragsgiver:</b>
<b>Forfatter:</b> Paal Krokene	<b>Antall sider:</b> 10	
<b>Forfatterens kontaktinformasjon:</b> paal.krokene@skogoglandskap.no		
<b>Oppdragsgiver:</b> Skog og landskap, FMH (Fylkesmannen i Hedmark)	<b>Prosjektnr. Skog og landskap / Kontraktsdato</b>  135117 / eget initiativ	<b>Tilgjengelig:</b> Lukket: Begrenset: Åpen:
<b>Andel privat finansiering:</b> 0		
<b>Sammendrag:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Skog og landskap har utviklet en enkel temperaturredrevet modell som beskriver granbarkbillens utvikling fra egg til voksent insekt (Lange m.fl. 2009). Modellen drives av daglige middeltemperaturer og beregner hvor langt billenes utvikling har kommet ved forskjellige tidspunkt. Modellen er basert på studier av granbarkbillens utviklingshastighet under kontrollerte laboratorieforsøk i Sveits (Wermelinger og Seifert 1998), og vi ønsket å undersøke hvor godt modellen stemmer under norske feltforhold.</li><li>2. I samarbeid med de fem Hedmarks-kommunene Kongsvinger, Nord-Odal, Ringsaker, Åmot og Åsnes ble det i mai 2010 felt to grantrær (ett i solen og ett i skyggen) på en lokalitet i hver kommune. På hvert tre ble det plassert en temperaturlogger som målte temperaturen hver halve time og en feromondispenser for å lokke granbarkbiller til treet. Etter at trærne var angrepet ble billenes utvikling fulgt utover sommeren ved å fjerne ytterbarken over 2-3 innboringshull hver uke og registrere lengden på billenes morganger og/eller om det var egg, larver, pupper eller nye voksne biller tilstede.</li><li>3. Beregninger av utviklingstider fra den temperaturredrevne utviklingsmodellen ble sammenlignet med feltobservasjonene. For å enkelt kunne sammenligne ulike lokaliteter og trær ble det utviklet et poengsystem. Dersom modellen traff observasjonene av de ulike utviklingsstadiene med <math>\pm 3</math> dager fikk modellen 1 poeng, treff innenfor 4-7 dager ga 0,75 poeng, treff innenfor 7-10 dager ga 0,50 poeng, og treff ut over 10 dager ga 0 poeng. Fordi antall observasjoner varierte mellom lokaliteter ble samlet poengsum for hver lokalitet uttrykt som prosent av den høyest oppnåelige poengsummen for lokaliteten.</li><li>4. Stort sett var det godt samsvar mellom modellen og feltobservasjonene, med mer enn 94 % treff for 6 av de 10 forsøkstrærne. Gjennomsnittlig traff modellen bedre for trær som lå solrikt til (93 %) enn for trær som lå i skyggen (80 %). For trær som lå solrikt hadde fire av fem lokaliteter &gt; 94 % treff, mens Åmot hadde 83 % treff. For trær som lå i skyggen traff modellen svært godt i Kongsvinger og Ringsaker (96-100 % treff), mens Nord-Odal, Åmot og Åsnes hadde 63-77 % treff. Modellen traff dårligere i kjølige enn i varme omgivelser. I trær der modellen traff dårlig gikk utviklingen i felt uten unntak raskere enn det modellen beregnet.</li><li>5. Hovedkonklusjonen er at den temperaturredrevne utviklingsmodellen treffer ganske godt med feltobservasjoner, særlig i varme lokaliteter. Ved å kalibrere med feltdata vil det trolig være mulig å justere modellen slik at den blir mer treffsikker også i kjølige lokaliteter. I fremtiden kan man tenke seg at modellen brukes til å beregne billenes utviklingstid ulike steder i Norge. Sammen med historiske temperaturdata kan den også brukes til å beregne den korteste og lengste utviklingstiden på ulike steder gjennom for eksempel de siste 30 årene. Dette kan gi nyttig kunnskap om når på sommeren tømmer må fraktes ut av skogen for å unngå klekking av en ny billegenerasjon.</li></ol>		
<b>Ansvarlig signatur</b> Jeg inntår for at denne rapporten er i samsvar med oppdragsavtalen og Skog og landskaps kvalitetssystem for oppdragsrapporter.  ..... Adm.dir./Avdelingsdirektør		

**GRANBARKBILLENS  
UTVIKLINGSHASTIGHET I LIGGENDE  
GRANTRÆR**

Prosjekt barkbilleutvikling 2010

---

Paal Krokene

Omslagsfoto: Påbegynt gangsystem av granbarkbillen i Åmot kommune 28. mai 2010, ca. 10 dager etter angrep. Foto: Jens Martin Persson

---

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

---

## SAMMENDRAG

Skog og landskap har utviklet en enkel temperaturdrevet modell som beskriver granbarkbillens utvikling fra egg til voksent insekt (Lange m.fl. 2009). Modellen drives av daglige middeltemperaturer og beregner hvor langt billenes utvikling har kommet ved forskjellige tidspunkt. Modellen er basert på studier av granbarkbillens utviklingshastighet under kontrollerte laboratorieforsøk i Sveits (Wermelinger og Seifert 1998), og vi ønsket å undersøke hvor godt modellen stemmer under norske feltforhold.

I samarbeid med de fem Hedmarks-kommunene Kongsvinger, Nord-Odal, Ringsaker, Åmot og Åsnes ble det i mai 2010 felt to grantrær (ett i solen og ett i skyggen) på en lokalitet i hver kommune. På hvert tre ble det plassert en temperaturlogger som målte temperaturen hver halve time og en feromondispenser for å lokke granbarkbiller til treet. Etter at trærne var angrepet ble billenes utvikling fulgt utover sommeren ved å fjerne ytterbarken over 2-3 innboringshull hver uke og registrere lengden på billenes morganger og/eller om det var egg, larver, pupper eller nye voksne biller tilstede.

Beregninger av utviklingstider fra den temperaturredvne utviklingsmodellen ble sammenlignet med feltobservasjonene. For å enkelt kunne sammenligne ulike lokaliteter og trær ble det utviklet et poengsystem. Dersom modellen traff observasjonene av de ulike utviklingsstadiene med  $\pm 3$  dager fikk modellen 1 poeng, treff innenfor 4-7 dager ga 0,75 poeng, treff innenfor 7-10 dager ga 0,50 poeng, og treff ut over 10 dager ga 0 poeng. Fordi antall observasjoner varierte mellom lokaliteter ble samlet poengsum for hver lokalitet uttrykt som prosent av den høyest oppnåelige poengsummen for lokaliteten.

Stort sett var det godt samsvar mellom modellen og feltobservasjonene, med mer enn 94 % treff for 6 av de 10 forsøkstrærne. Gjennomsnittlig traff modellen bedre for trær som lå solrikt til (93 %) enn for trær som lå i skyggen (80 %). For trær som lå solrikt hadde fire av fem lokaliteter > 94 % treff, mens Åmot hadde 83 % treff. For trær som lå i skyggen traff modellen svært godt i Kongsvinger og Ringsaker (96-100 % treff), mens Nord-Odal, Åmot og Åsnes hadde 63-77 % treff. Modellen traff dårligere i kjølige enn i varme omgivelser. I trær der modellen traff dårlig gikk utviklingen i felt uten unntak raskere enn det modellen beregnet.

Hovedkonklusjonen er at den temperaturredvne utviklingsmodellen treffer ganske godt med feltobservasjoner, særlig i varme lokaliteter. Ved å kalibrere med feltdata vil det trolig være mulig å justere modellen slik at den blir mer treffsikker også i kjølige lokaliteter. I fremtiden kan man tenke seg at modellen brukes til å beregne billenes utviklingstid ulike steder i Norge. Sammen med historiske temperaturdata kan den også brukes til å beregne den korteste og lengste utviklingstiden på ulike steder gjennom for eksempel de siste 30 årene. Dette kan gi nyttig kunnskap om når på sommeren tømmer må fraktes ut av skogen for å unngå klekking av en ny billegenerasjon.

### Nøkkelord:

Granbarkbille, Ips typographus, utviklingsmodell, gran, varmesum, sol, skygge, Hedmark, skogskjøtsel

# INNHold

1. Innledning.....	1
2. Metodikk.....	2
2.1. Feltarbeid .....	2
2.2. Utviklingsmodellen for granbarkbillen .....	2
2.3. Sammenligning av modellresultater og feltobservasjoner .....	3
2.4. Temperaturdata – samsvar med met.no sine målestasjoner.....	3
2.5. Sammenligning av modellresultater og feltobservasjoner .....	3
3. Resultater og diskusjon.....	5
3.1. Godt samsvar mellom modellresultater og feltobservasjoner av utvikling .....	5
3.2. Temperaturdata – godt samsvar med met.no sine målestasjoner.....	8
3.3. Praktisk anvendelse av utviklingsmodellene.....	9
4. Konklusjon.....	10
5. Litteratur .....	10

# 1. INNLEDNING

Granbarkbillen er en av de viktigste skadegjørerne for norsk skogbruk fordi den kan angripe og drepe friske grantrær i stort antall. Vanligvis livnærer granbarkbillen seg av svekkede og døende trær, som for eksempel vindfall, ferskt tømmer eller sterkt tørkestressete trær. Men fra tid til annen øker billene dramatisk i antall og begynner å angripe friske trær. Under slike utbrudd kan billene ta livet av millioner av trær, som i Sør-Norge på slutten av 1970-tallet (Worrell 1983) og i Sverige de siste årene (Långström m.fl. 2009). Blant annet på grunn av granbarkbillen inneholder forskriften om bærekraftig skogbruk bestemmelser om når tømmer må være transportert ut av skogen for å unngå at billene oppformerer seg i tømmeret.

Det meste av granbarkbillens livssyklus foregår under barken. Billene flyr helst når det er varmt i været, det vil si at de i Sør-Norge som regel er på vingene i andre halvdel av mai på dager der makstemperaturen er høyere enn 18-20 °C. Når billene har funnet et egnet grantre borer de seg inn i barken og lager et parringskammer. Angrep kan enkelt kjønnenes igjen på boremelet billene kaster ut av gangsystemet (Figur 1). Det er alltid hannene som angriper først og produserer feromoner for å tiltrekke seg hunner. Hver hann parer seg gjerne med 2-3 hunner som lager hver sin morgang ut fra parringskammeret (Figur 1). Hunnene legger egg i små nisjer på begge sider av morgangene, og når eggene klekkes eter larvene seg gjennom barken vekk fra morgangen. Til sammen danner mor- og larvegangene et karakteristisk gangsystem under barken. Fordi hunnen begynner å legge egg i den delen av morgangen som er nærmest parringskammeret klekkes også disse eggene først. Derfor har alltid larveutviklingen kommet lengst i starten av morgangen (Figur 1). Når larvene er ferdig utviklet lager de et lite puppekammer i barken der de forpupper seg. Ut på sensommeren klekkes den nye generasjonen barkbiller fra puppene. Den første tiden er billene lysebrune og reproduksjonsorganene er ikke ferdig utviklet. Billene holder seg under barken i mortreet under kjønnsmodningen og forlater vanligvis ikke treet før det blir kaldt i været, men dette varierer med blant annet tettheten av biller under barken. Når billene forlater treet søker de seg ned i skogbunnen der de overvintrer.



Figur 1. Ulike angrepsstadier av granbarkbillen. Fra venstre til høyre: angrep slik de er synlige utenpå barken (en voksen bille kan sees øverst til høyre); velutviklet gangsystem med parringskammer i midten og to morganger med flere eggnesjer langs begge sider; puppe (nede til venstre) og nyklekt voksen barkbille; skjematisk framstilling av gangsystemet, med innboringsgang, parringskammer, og tre morganger med larveganger. Alle illustrasjoner: Skog og landskap.

Som nesten alle andre insekter er granbarkbillen vekselvarm eller eksoterm, det vil si at deres kroppstemperatur er avhengig av temperaturen i omgivelsene. Det betyr blant annet at utviklingen fra egg til voksent insekt går raskere i varme omgivelser. Granbarkbillens utviklingstid vil derfor utvise stor geografisk variasjon, både langs en nord-syd akse og med høyde over havet. Siden tidspunktet for når den nye billegenerasjonen er ferdig utviklet kan variere mye selv over forholdsvis korte avstander er det vanskelig å angi en generell dato for når for eksempel nyhogd tømmer må være ute av skogen.

Ved Skog og landskap har vi utviklet en enkel temperaturredret modell som beregner granbarkbillens utviklingstid fra egg til voksent insekt (Lange m.fl. 2006; 2009). Modellen drives av daglige middeltemperaturer og er basert på studier av granbarkbillens utviklingshastighet under kontrollerte laboratorieforsøk i Sveits (Wermelinger og Seifert 1998). Formålet med arbeidet som presenteres her var å undersøke om denne modellen gir et riktig bilde av utviklingen under norske feltforhold. Dersom modellen viser seg å treffe forholdsvis godt vil vi med større sikkerhet kunne gi anbefalinger om når diverse tiltak må settes inn, slik som når på sommeren tømmer må være ute av skogen i ulike deler av landet.

## 2. METODIKK

### 2.1. Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført i de fem Hedmarks-kommunene Kongsvinger, Nord-Odal, Ringsaker, Åmot og Åsnes. I en lokalitet per kommune ble det i perioden 11-12. mai felt to grantrær – ett i solen og ett i skyggen. Dette gir data som representerer ytterpunktene i granbarkbillens utviklingshastighet i hver lokalitet, siden utviklingen går mye raskere i soloppvarmet bark. På hvert tre ble det plassert en temperaturlogger som målte temperaturen hver halve time (HOBO Pendant, Onset Computer Corp., Bourne MA, USA) og en feromondispenser (type Norlure) for å lokke granbarkbiller til treet. Etter at trærne var angrepet ble billenes utvikling fulgt utover sommeren ved å fjerne ytterbarken over 2-3 innboringshull hver gang og registrere lengden på billenes morganger og/eller om det var egg, larver, pupper eller nye voksne biller tilstede. I de fleste lokalitetene ble trærne inspisert minst en gang i uken frem til den nye billegenerasjonen hadde klekket fra puppene, men i noen lokaliteter var det mindre hyppigere inspeksjoner. Fordi en enkelt hunn bruker mange dager på å legge egg og ulike hunner starter eggleggingen til ulike tider vil det som regel være flere ulike utviklingsstadier til stede under barken samtidig. Ved hvert tidspunkt noterte vi utviklingsstadiet til de individene som hadde kommet lengst i sin utvikling, og felldataene representerer dermed de tidligst utviklete billene i hvert tre.

### 2.2. Utviklingsmodellen for granbarkbiller

Skog og landskap sin utviklingsmodell for granbarkbiller (Lange m.fl. 2006; 2009) baserer seg på studier av granbarkbillens utviklingshastighet under kontrollerte laboratorieforsøk i Sveits (Wermelinger og Seifert 1998). Modellen drives av daglige middeltemperaturer og beregner hvor langt billenes utvikling har kommet til forskjellige tidspunkt. Modellen finnes i to varianter – en detaljert og en forenklet. Den detaljerte varianten (modell 1) beregner utviklingstiden for hvert av fire ulike utviklingsstadier (egg, larve, puppe og ikke-kjønnsmoden voksen), med ulike terskeltemperaturer for hvert stadium (Tabell 1). Den forenklete varianten (modell 2) beregner utviklingstiden for egg-, larve- og puppestadiet under ett, med en felles terskeltemperatur. Terskeltemperaturene er basert på observasjonene til Wermelinger og Seifert (1998). De fant for eksempel at det skjer veldig lite larveutvikling når temperaturen er lavere enn 8,2 °C, så i følge modellen utvikler larvene seg kun når døgnmiddeltemperaturen er høyere enn 8,2 °C. Larvestadiet krever en viss varmesum over denne terskelverdien for å kunne fullføres (Tabell 1), og når denne summen er nådd går utviklingen videre til puppestadiet. Puppestadiet har en litt høyere terskelverdi enn larvestadiet, men krever en mindre varmesum for å kunne fullføres (Tabell 1). Fra puppene klekker de voksne billene, men den nye generasjonen er ikke ferdig utviklet før disse har blitt kjønnsmodne. Dette krever en varmesum på 238,5 døgngrader over 3,2 °C (Tabell 1).

Modellen som er brukt her avviker på ett punkt fra modellen som er beskrevet av Lange med flere (2006; 2009). Den publiserte modellen antar at det tar tre dager fra billene angriper treet til eggene begynner å utvikle seg, mens vi her har latt eggutviklingen starte samme dag som treet angripes. Dette ble gjort blant annet fordi det ga utviklingstider som samsvarte bedre med feltobservasjonene.

Tabell 1. Terskelsummer og temperaturkrav brukt for å modellere utviklingen av granbarkbillens forskjellige stadier<sup>1</sup>. Data fra Wermelinger og Seifert (1998).

Utv.stadium	Terskeltemp.	Varmesum (D°)	Modell <sup>2</sup>
Egg	10,6 °C	51,8	1
Larve	8,2 °C	204,4	1
Puppe	9,9 °C	57,7	1
Egg-Puppe	8,3 °C	334,0	2
Kjønnsmodning	3,2 °C	238,5	1 og 2

<sup>1</sup> Modellen kan også beregne når billene flyr om våren (terskel temperatur = 5°C, D° = 110, flukt første dag med daglig maksimumstemperatur > 19,5 °C), men i dette studiet ble flukt-tidspunktet registrert i felt.

<sup>2</sup> En detaljert og en forenklet versjon av utviklingsmodellen ble brukt – se teksten for utfyllende informasjon.

### 2.3. Sammenligning av modellresultater og feltobservasjoner

Egg, larver, pupper og ikke-kjønnsmodne voksne er alle utviklingsstadier som enkelt kan observeres med det blotte øye. Det er derimot ikke mulig å se når de ikke-kjønnsmodne billene som klekker fra puppene har blitt kjønnsmodne uten å dissekere dem. Av denne grunn er alle sammenligninger av modellresultater og feltobservasjoner basert på utviklingen frem til de ikke-kjønnsmodne voksne billene klekker fra puppene. Sannsynligvis vil alle billene som har rukket å utvikle seg forbi puppestadiet kunne forlate mortreet på høsten og overvintre i bakken.

Modellresultatene ble vurdert opp mot feltobservasjonene på to måter. (1) For det første ble den detaljerte modellen vurdert mot feltobservasjoner av de ulike utviklingsstadiene gjennom hele sommersesongen, som beskrevet i neste avsnitt. Dette forteller hvor godt modellen estimerer billenes utvikling på et detaljert plan, ved å se om den treffer med observasjoner av de ulike utviklingsstadiene. (2) I tillegg ble både den detaljerte og den forenklete modellen vurdert på et mer overordnet plan, ved å se på hvor godt de beregnet utviklingstiden fram til voksent, ikke-kjønnsmodent insekt. Denne vurderingen gjorde det også mulig å sammenligne de to modellene med hverandre. Et problem med den overordnede vurderingen er at tidspunktet for når de første voksne billene blir observert i felt kun gir et usikkert maksimumsanslag for utviklingstiden fra egg til ferdig puppestadium. Dette er fordi feltobservasjonene ble gjort med til dels lange mellomrom på slutten av sommeren.

For å enkelt kunne sammenligne ulike lokaliteter og trær ble det utviklet et poengsystem basert på hvor godt den detaljerte modellen stemte med feltobservasjonene for det enkelte tre. Dersom modellen traff observasjonene av de ulike utviklingsstadiene med ± 3 dager fikk modellen 1 poeng, treff innenfor 4-7 dager ga 0,75 poeng, treff innenfor 7-10 dager ga 0,50 poeng, og treff ut over 10 dager ga 0 poeng. Fordi antall observasjoner varierte mellom lokaliteter ble samlet poengsum for hver lokalitet uttrykt som prosent av den høyest mulige poengsummen for lokaliteten.

### 2.4. Temperaturdata – samsvar med met.no sine målestasjoner

For å undersøke hvordan temperaturene vi målte i felt samsvarer med temperaturer målt ved Meteorologisk institutt (met.no) sine målestasjoner ble temperaturdata for mai-september lastet ned fra klima.met.no. For hver av våre fem lokaliteter ble daglige middeltemperaturer i sola og skyggen sammenlignet med daglige middeltemperaturer fra hver av met.no sine 12 målestasjoner i Hedmark (Tabell 2). Temperaturseriene ble sammenlignet ved hjelp av lineær regresjon og for hver av våre 10 serier ble den met.no stasjonen med best korrelasjon til feltdataene valgt ut. Resultatene presenteres som den lineære funksjonen som passer best med dataene:

$$\text{Temperatur(lokalitet)} = \text{konstant1} + \text{Temperatur(met.no)} \times \text{konstant2}$$

I tillegg oppgis R<sup>2</sup> (korrelasjonskoeffisienten), som er et mål på hvor godt regresjonslinjen passer med feltdataene. R<sup>2</sup> = 1,0 angir en perfekt korrelasjon der alle datapunktene ligger midt på regresjonslinjen.



Tabell 2. Meteorologisk institutt (met.no) sine 12 aktive målestasjoner i Hedmark.

Met.no stasjon	Nr.	Kommune	Hoh	Breddegrad	Lengdegrad
Kongsvinger	5590	Kongsvinger	148	60.19	12.01
Roverud	5660	Kongsvinger	150	60.25	12.09
Flisa II	6020	Åsnes	185	60.61	12.01
Kise på Hedmark	12550	Ringsaker	128	60.77	10.81
Hamar II	12290	Hamar	132	60.80	11.10
Hamar - Stavsberg	12320	Hamar	221	60.82	11.07
Rena - Haugedalen	7010	Åmot	240	61.16	11.44
Trysil vegstasjon	180	Trysil	360	61.29	12.27
Evenstad - DIH	8140	Stor-Elvdal	257	61.43	11.08
Drevsjø	700	Engerdal	672	61.89	12.05
Folldal - Fredheim	9160	Folldal	694	62.13	9.99
Tynset - Hansmoen	9580	Tynset	482	62.27	10.73

## 3. RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1. Godt samsvar mellom modellresultater og feltobservasjoner av utvikling

Det var stort sett godt samsvar mellom den detaljerte utviklingsmodellen og feltobservasjonene, med mer enn 94 % treff for 6 av de 10 forsøkstrærne (Tabell 3). Gjennomsnittlig traff modellen bedre for trær som lå solrikt til (93 %) enn for trær som lå i skyggen (80 %). For trær som lå solrikt hadde alle lokalitetene mer enn 94 % treff, bortsett fra Åmot som hadde 83 % treff. For trær som lå i skyggen traff modellen svært godt i Kongsvinger og Ringsaker (96-100 % treff), mens de andre lokalitetene hadde 63-77 % treff.

I de fire trærne der modellen traff forholdsvis dårlig (63-83 % treff) gikk utviklingen i felt uten unntak mye raskere enn det modellen beregnet (Tabell 3). Den detaljerte modellen overestimerte utviklingstiden med minst 16 dager i gjennomsnitt i disse trærne, mens den forenklete modellen traff en del bedre (8,3 dagers overestimat). I trær med mer enn 94 % treff traff begge modellene innenfor en uke (bortsett fra i trær med svært usikre feltobservasjoner på grunn av lange opphold mellom observasjonene; Tabell 3).

Alle de fire trærne der den detaljerte modellen traff forholdsvis dårlig (63-83 % treff) hadde et forholdsvis kjølig mikroklima. De var alle blant de seks trærne med lavest temperatursum gjennom sommeren, og hadde i gjennomsnitt 919 døgngrader over 5 °C, mot 1085 døgngrader for de seks trærne der modellen traff godt (> 94 % treff). Modellen traff altså dårligere i kjølige lokaliteter enn i varme lokaliteter, og modellen overestimerte alltid utviklingstiden. Dette kan skyldes at biller i kjølige lokaliteter i Norge er genetisk tilpasset å utvikle seg ved lave temperaturer. De kan for eksempel har lavere terskelverdier for utvikling enn forutsatt i våre utviklingsmodeller, som baserer seg på observasjoner av sveitsiske granbarkbiller.

Utviklingstidene beregnet med den detaljerte modellen varierte svært mye mellom lokaliteter (Figur 2). Det var også en viss variasjon mellom trær innen lokalitet, selv om disse forskjellene ikke alltid var så store. Forskjellen mellom utviklingstiden i solrike og skyggefulle trær var størst i Ringsaker, som også hadde den største målte temperaturforskjellen mellom sol og skygge. I flere av de andre lokalitetene var det overraskende liten forskjell mellom sol- og skyggetemperatur (Figur 2). Det kan skyldes at trærne ikke lå utpreget solrikt eller skyggefullt til, eller det kan skyldes mye overskyet vær.

Total utviklingstid fra egg til ferdig kjønnsmoden voksen beregnet med den detaljerte modellen varierte fra 55 døgn i Ringsaker til 109 dager i Nord-Odal (Tabell 3, Figur 2). Gjennomsnittlig utviklingstid for alle forsøkstrærne var 79,3 døgn. Det mest langvarige utviklingsstadiet er larvestadiet (29,6 døgn i gjennomsnitt for alle forsøkstrærne), etterfulgt av eggstadiet (21,4 døgn), kjønnsmodning (19,0 døgn) og puppestadiet (9,3 døgn). Eggstadiet hadde størst prosentvis variasjon i utviklingstid mellom lokaliteter (fra 9 til 40 døgn), mens larvestadiet varierte minst (25-32 døgn).

Den forenklete modellen beregnet alltid raskere utviklingstider enn den detaljerte modellen, og differansen kunne være så mye som 12 dager (Tabell 3). Tidsdifferansen mellom de to modellene hadde en klar sammenheng med varmesummen for det aktuelle treet, og var mye større i trær med lav varmesum enn i trær med høy varmesum (Figur 3). I trær der varmesummen over 5 °C var større enn ca. 1000 var tidsdifferansen mellom den detaljerte og den forenklete modellen aldri mer enn 3 dager.

Tabell 3. Granbarkbillens utvikling i fem lokaliteter i Hedmark. I hver lokalitet ble utviklingen fulgt i ett tre som lå solrikt til og ett som lå i skyggen. Utviklingen observert i felt ble sammenlignet med utviklingen beregnet med to ulike modeller.

	Nord-Odal		Åmot		Kongsvinger		Åsnes		Ringsaker		min	maks
	sol	skygge	sol	skygge	sol	skygge	sol	skygge	sol	skygge		
Varmesum ( $D^{\circ} > 5^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup>	899	792	1022	886	1160	1071	1073	977	1306	999	792	1306
Modell-treff - modell 1 <sup>2</sup>	97 %	63 %	83 %	67 %	94 %	100 %	94 %	77 %	98 %	94 %	63 %	100 %
Feltobservasjoner (antall)	9	10	6	9	4	4	9	11	11	12	4	12
Sannsynlig fluktdag	20.mai	20.mai	19.mai	19.mai	21.mai	21.mai	19.mai	19.mai	19.mai	19.mai	19.mai	21.mai
Total utvikling - mod.1 (dager) <sup>2</sup>	93	109	74	95	65	71	71	81	55	79	55	109
egg	28	40	17	34	13	16	16	22	9	19	9	40
larve	30	32	30	27	29	30	30	31	25	32	25	32
puppe	14	14	8	13	7	7	7	8	7	8	7	14
umoden voksen	21	23	19	21	16	18	18	20	14	20	14	23
Utv. egg t.o.m. puppe- mod.1	72	86	55	74	49	53	53	61	41	59	41	86
ferdig dato	31.jul	14.aug	13.jul	1.aug	9.jul	13.jul	11.jul	19.jul	29.jun	17.jul	29.jun	14.aug
Utv. egg t.o.m. puppe - mod.2 <sup>3</sup>	61	74	52	63	46	51	51	56	39	55	39	74
ferdig dato	20.jul	2.aug	10.jul	21.jul	6.jul	11.jul	9.jul	14.jul	27.jun	13.jul	27.jun	2.aug
Diff. modell 1 og 2 (dager)	11	12	3	11	3	2	2	5	2	4	2	12
Utv. egg t.o.m. puppe obs. <sup>4</sup>	<68	<68	<43	<55	<<76 <sup>5</sup>	<<76	<46	<46	<45	<<76 <sup>5</sup>	<43	<68
ferdig dato	<26.jul	<26.jul	<2.jul	<14.jul	<<4.aug	<<4.aug	<7.jul	<7.jul	<2.jul	<<2.aug	<2.jul	<4.aug

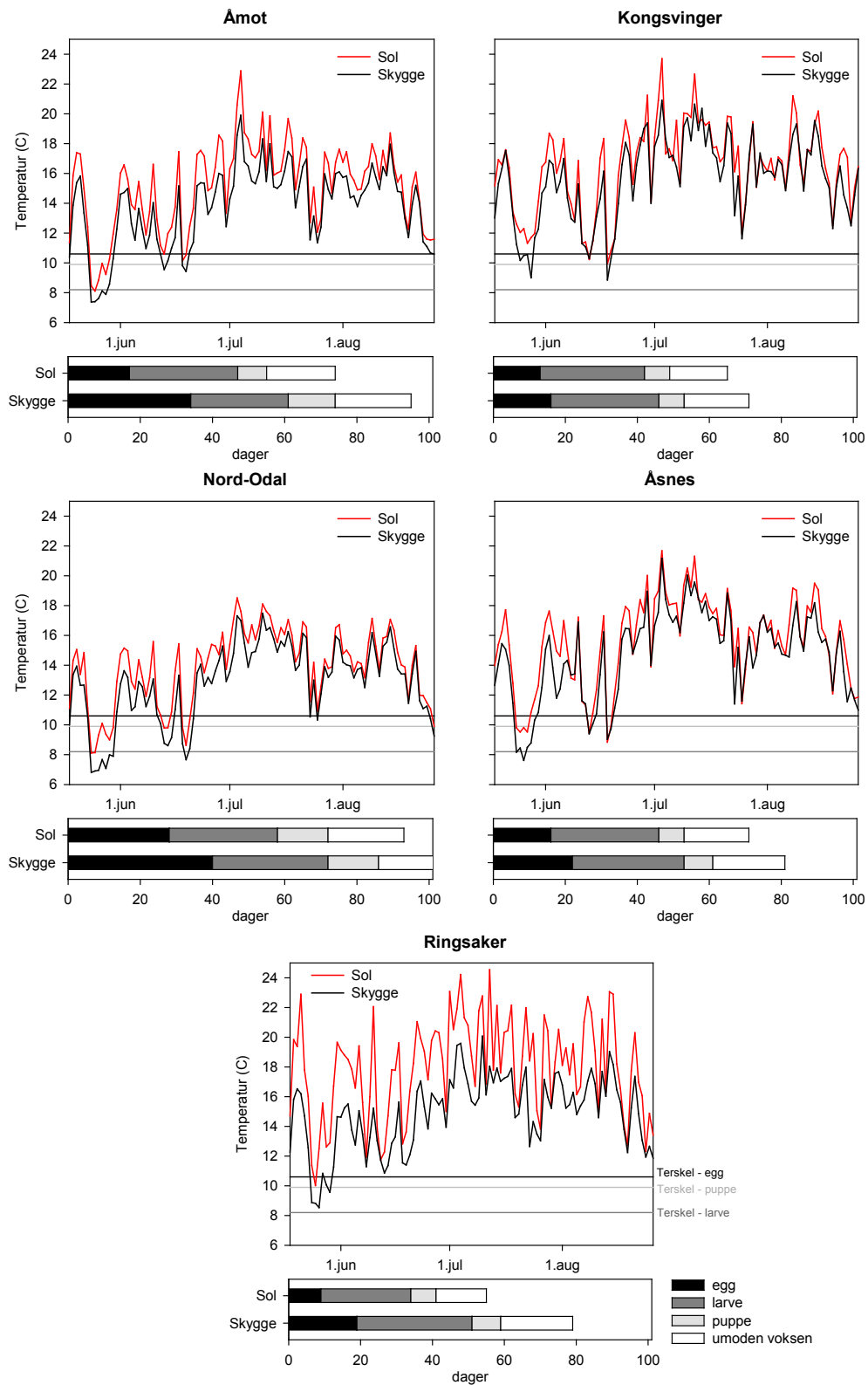
<sup>1</sup> Døgngradsum f.o.m. 18. mai t.o.m. 26. august (akkumulert sum av døgnmiddeltemperatur minus 5 for alle dagene).

<sup>2</sup> Utviklingstid fra egg til ferdig kjønnsmoden voksen beregnet med en detaljert modell som beregner utviklingstid for hvert utviklingsstadium. Se teksten for en forklaring av treffprosent.

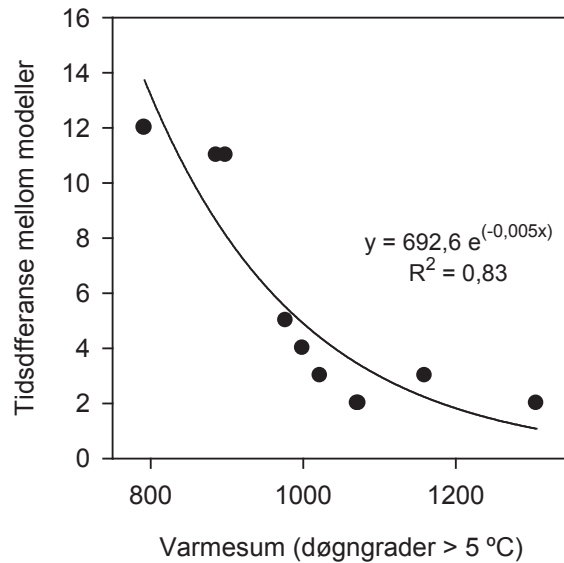
<sup>3</sup> Utviklingstid beregnet med en enkel modell som beregner utviklingstid for egg-, larve- og puppstadiet samlet.

<sup>4</sup> Beregnet fra fluktdagen til det første tidspunktet der voksne biller ble observert under barken. Fordi feltobservasjoner ble gjort ukentlig eller sjeldnere er dette et mer eller mindre usikkert maksimumsanslag.

<sup>5</sup> I disse lokalitetene gikk det 24-28 dager mellom de to siste feltobservasjonene, så dette er et svært usikre anslag.



Figur 2. Døgnmiddeltemperatur i sola og skyggen i perioden 18. mai til 26. august 2010 for de ulike lokalitetene. Terskeltemperaturer for utvikling av de ulike utviklingsstadiene til granbarkbilen er angitt med horisontale linjer. Terskeltemperaturen for kjønnsmodning er så lav (3,2 °C) at døgnmiddeltemperaturen alltid var over dette nivået. Utviklingstiden for egg, larver, pupper og kjønnsmodning av den nye generasjonen, beregnet med en detaljert utviklingsmodell, er vist med søylediagram under temperaturkurvene.



Figur 3. Sammenheng mellom varmesummen fra 18. mai til 26. august i de 10 forsøkstrærne og tidsdifferansen i granbarkbillens utvikling fra egg til ferdig puppe beregnet med en detaljert og forenklet utviklingsmodell.

### 3.2. Temperaturdata – godt samsvar med met.no sine målestasjoner

For alle de fem lokalitetene var det godt samsvar mellom temperaturmålingene gjort i felt og temperaturdata fra minst en av met.no sine offisielle målestasjoner i Hedmark (Tabell 4). Korrelasjonskoeffisienten  $R^2$  var mer enn 0,90 for alle lokalitetene, og temperaturen målt i skyggen samsvarte som regel bedre med stasjonsdataene enn temperaturen i solen. Det gode samsvaret mellom våre temperaturmålinger og stasjonsdataene viser at temperaturdata fra met.no sine målestasjoner er representative for ganske store områder.

Temperaturen i 2010 var forholdsvis normal i våre forsøksområder. For met.no stasjonene Flisa, Rena og Roverud lå middeltemperaturen for perioden mai-august 2010 0,6-0,9 °C over normalen for 1961-1990. Temperaturen i mai-juni var omtrent som normalen ( $\pm 0,2-0,5$  °C), mens juli-august var en del varmere enn normalen (1,3-2,1 °C). Siden 2010 var et ganske normalt år temperaturmessig er våre modellberegninger og registreringer av granbarkbillens utviklingshastighet trolig ganske representative for en normal sommer. Men siden temperaturen var noe høyere enn normalt i månedene juli-august, der mesteparten av billenes utvikling finner sted, er utviklingshastighetene vi fant trolig noe høyere enn i et gjennomsnittså.

Det er mulig å få ganske presise temperaturdata for ulike lokaliteter uten at man trenger å gjøre målinger i felt. Ved hjelp av mer avanserte matematiske beregninger kan man interpolere temperaturdata fra målestasjonene og få temperaturdata med relativt høy geografisk oppløsning (for eksempel 1 × 1 km). Med slike høyoppløselige temperaturdata er det mulig å bruke utviklingsmodellen til å lage for eksempel kart med anslag av hvor langt granbarkbillens utvikling vil være kommet til forskjellige tider på sommeren. Fordi billenes utvikling er så avhengig av temperaturen vil det ikke være mulig å si noe presist om utviklingen flere uker fram i tid, så modellen egnert seg ikke for å lage langsiktige prognoser. Et mulig bruksområde for utviklingsmodellen kan være å bruke normaltemperaturen for et område til å beregne når en kan forvente å finne voksne granbarkbiller under barken. Dette kan eventuelt suppleres med temperaturdata for det varmeste året de siste 30 årene, slik at man kan få et anslag på hvor tidlig den nye billegenerasjonen kan være ferdig.

Tabell 4. Korrelasjon mellom temperaturer målt i felt og temperaturer målt ved Meteorologisk institutt (met.no) sine målestasjoner i Hedmark. For hver temperaturserie målt i felt valgte vi ut den met.no stasjonen med den beste korrelasjonen (høyest korrelasjonskoeffisienten;  $R^2$ ). I tillegg presenteres den lineære funksjonen som passet best med dataene.

Lokalitet (y)	M.o.h.	Eksposering	Met.no stasjon (x)	$R^2$	Funksjon
Kongsvinger	305	skygge	Roverud	0,92	$y = 0,845 + 1,0169 x$
Kongsvinger	300	sol	Kongsvinger	0,86	$y = -0,100 + 1,0136 x$
Nord-Odal	345	skygge	Flisa II	0,94	$y = -1,537 + 0,9350 x$
Nord-Odal	345	sol	Flisa II	0,94	$y = 0,086 + 0,8964 x$
Ringsaker	225	skygge	Hamar II	0,96	$y = -0,228 + 0,9727 x$
Ringsaker	225	sol	Hamar Stavsberg	0,77	$y = 0,806 + 1,1414 x$
Åmot	230	skygge	Rena	0,90	$y = 1,892 + 0,8487 x$
Åmot	230	sol	Rena	0,87	$y = 2,506 + 0,9001 x$
Åsnes	250	skygge	Flisa II	0,96	$y = -1,539 + 1,0554 x$
Åsnes	240	sol	Flisa II	0,96	$y = -0,631 + 1,0569 x$

### 3.3. Praktisk anvendelse av utviklingsmodellene

Et sentralt spørsmål er hvor god presisjon utviklingsmodellene må ha for å være nyttige for forvaltningen av granbarkbillen. Treff-prosentene som ble beregnet for den detaljerte modellen er i stor grad påvirket av kriteriene som ble brukt i poengberegningen. Dersom kriteriene hadde vært strengere ville alle lokalitetene fått lavere score, og motsatt kunne flere lokaliteter fått høy score hvis kriteriene var mindre strenge. Kriteriene som er brukt gir full eller nesten full score dersom modellberegningene treffer feltobservasjonene innenfor en uke. Dersom modellen bommer med mer enn 10 dager får den ingen poeng. Det ville ikke gjort store utslag dersom poengsummen for treff innenfor 4-7 og 7-10 dager ble redusert fra henholdsvis 0,75 og 0,50 poeng til for eksempel 0,66 og 0,33 poeng. Derimot ville det ha stor effekt om presisjonskravet for å få full score ble skjerpet til for eksempel  $\pm 3$  dager.

Fordi mikroklimaet varierer svært mye over korte avstander er det lite realistisk å operere med alt for strenge presisjonskrav til modellene. Billenes utviklingstid kan variere mer mellom to trær innenfor en lokalitet enn mellom lokaliteter i ulike kommuner, noe både feltobservasjonene og beregningene med den detaljerte modellen viser. Det betyr at man aldri kan få et helt presist anslag for granbarkbillens utviklingstid for et større område. På denne bakgrunn anser vi presisjonsnivået som ble oppnådd av modellene i denne undersøkelsen å være rimelig godt. Som regel vil det ha størst praktisk betydning å kunne beregne tidspunktet for når nye voksne biller er til stede under barken. Siden den forenklete modellen beregnet kortere utviklingstider som stemte bedre med feltobservasjonene vil denne varianten av modellen være best i de fleste tilfeller, og særlig i kjølige lokaliteter.

Forskrift om bærekraftig skogbruk (§12) sier at gran hogd før sommeren skal ut av skogen før 15. juli («*Bartrevirke som skal transporterast bort frå skogen og staden for levering av virke (jf. § 11, 2. og 3. ledd), må transporterast ut før insekt som kan gjere skade på skog klekkjast. Gran hogd før 1. juli skal være transportert bort frå staden for levering innan 15. juli, og furu hogd før 1. juni skal være transportert bort innan 1. juli. Gran som blir hogd i juli og furu som blir hogd i juni, skal transporterast bort innan 4 veker. Fylkesmannen kan gi nærare reglar med m.a. konkrete fristar for uttransport av virke innafør heile eller delar av fylket.*»). Modellberegningene viser at fristen 15. juli i de fleste tilfeller er på den sikre siden, siden utviklingen fra egg til ferdig kjønnsmoden voksen bille kun i ett tilfelle (Ringsaker, sol) var ferdig før 15. juli (Tabell 3). Men i varme lokaliteter kan altså billene være ferdig utviklet før 15. juli, og i fire av fem lokaliteter hadde billene som utviklet seg i soleksponte trær nådd voksenstadiet til dels lenge før 15. juli (Tabell 3). Vanligvis holder billene seg under barken i mortreet selv en stund etter at de har blitt kjønnsmodne, men dette kan variere med billetetthet og temperaturforhold. Tidsfristen 15. juli bør derfor betraktes som en absolutt seneste frist i varme lokaliteter.

## 4. KONKLUSJON

Skog og landskap sin temperaturredne utviklingsmodell treffer ganske godt med granbarkbillens utvikling observert i felt, særlig i varme lokaliteter. Ved å kalibrere modellen med feltdata vil det trolig være mulig å justere den slik at den blir mer treffsikker også i kjølige lokaliteter. For å kunne bruke modellen effektivt bør man ha tilgang til daglige middeltemperaturer på en mest mulig finmasket geografisk skala.

I fremtiden kan man tenke seg at modellen brukes til å beregne billenes utviklingstid forskjellige steder i Norge. Sammen med historiske temperaturdata kan modellen også brukes til å beregne den korteste og lengste utviklingstiden på ulike steder gjennom for eksempel de siste 30 årene. Dette kan gi nyttig kunnskap om når på sommeren tømmer må fraktes ut av skogen for å unngå klekking av en ny billegenerasjon. På sikt kan man tenke seg et opplegg der Skog og landskap publiserer kart på internett med oversikt over når den nye barkbillegenerasjonen kan forventes å være ferdig utviklet.

### *Takk til*

Finn Sønsteby (Ringsaker), Paal Øiern (Kongsvinger), Ole Jørgen Gjems (Åsnes), Øyvind Juliusen (Nord-Odal) og Jens Martin Persson (Åmot) for gjennomføring av feltdelen av undersøkelsen og til Dagfinn Haget (Fylkesmannen i Hedmark) for koordinering.

## 5. LITTERATUR

- Lange H, Økland B, Krokene P (2006) *Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change*. Interjournal for Complex Systems 1648:1-10.
- Lange H, Økland B, Krokene P (2009) *To be or twice to be? The life cycle development of the spruce bark beetle under climate change*. In: Minai AA, Braha D, Bar-Yam Y (red.) *Unifying Themes in Complex Systems*. Vol. IV: Proceedings of the 6th International Conference on Complex Systems. Springer Verlag, Berlin, pp 251-258.
- Långström B, Lindelöw Å, Schroeder LM, Björklund N, Öhrn P (2009) *The spruce bark beetle outbreak in Sweden following the January-storms in 2005 and 2007*. In: Epsilon Open Archive: [http://pub-epsilon.slu.se:8080/2076/01/langstrom\\_b\\_etal\\_100823.pdf](http://pub-epsilon.slu.se:8080/2076/01/langstrom_b_etal_100823.pdf), Swedish University of Agricultural Sciences.
- 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.
- Worrell R (1983) *Skoglige bestandsfaktorer som påvirker omfanget av granbarkbilleskade i Sør-Norge*. Rapport fra Norsk Institutt for Skogforskning 18/83:1-9.