

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 3/07

**FORYNGELSE FOR ET
BÆREKRAFTIG SKOGBRUK**

Per Holm Nygaard og Inger Sundheim Fløistad

Forskning fra Skog og landskap

«Forskning fra Skog og landskap» er en serie for publisering av originale vitenskapelige resultater innenfor Skog og landskaps faglige områder. Serien er åpen for relevante manuskripter, også fra forfattere som ikke er ansatt ved Norsk institutt for skog og landskap

Utgiver:

Norsk institutt for skog og landskap

Redaktør:

Bjørn Langerud

Dato:

August 2007

Trykk:

PDC-Tangen

Opplag:

700

Bestilling:

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

www.skogoglandskap.no

ISBN 978-82-311-0023-2

ISSN 1890-1662

Omslagsfoto:

Feltarbeid

Foto: Per H. Nygaard

Forskning fra Skog og landskap - 3/07

**FORYNGELSE FOR ET
BÆREKRAFTIG SKOGBRUK**

Per Holm Nygaard og Inger Sundheim Fløistad

FORORD

I perioden 2003–2006 har Norsk institutt for skog og landskap ledet det strategiske instituttprogrammet Nyskog, et målrettet forskningsprogram om foryngelse i norsk skog. Programmet har vært finansiert av Basisbevilgningsutvalget under Norges forskningsråd. Nyskog-programmet har vært et samarbeid mellom Skog og landskap, Bioforsk Plantehelse, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Skogbrukets Kursinstitutt, Det norske Skogselskap, SB Skog og Glommen Skog BA. Strategiske instituttprogrammer er viktige for at Skog og landskap skal opprettholde og videreutvikle fagkunnskap på områder hvor vi tradisjonelt har vært sterke, men også å utvide kompetansen til nye områder. Gjennom programmet er det etablert et nasjonalt forskningsnettverk med tyngdepunkt i Ås, samt at det er knyttet viktige internasjonale kontakter.

I denne sluttrapporten fra programmet gir vi en samlet framstilling av hovedresultater. Skogforskning er i særdeleshet en langsiktig prosess, hvor det gjerne tar tiår å få fram resultater. Selv om feltarbeid og analyser i hovedsak er avsluttet, vil det etter hvert komme nye publikasjoner på det arbeidet som er utført. Jeg vil til slutt takke prosjektmedarbeidere, samarbeidspartnere og andre som har bidratt til å gi programmet en vellykket gjennomføring.

Ås, juli 2007.

Per Holm Nygaard

(programleder).

INNHold

Sammendrag	4
Kontroll av foryngelsesfelt i perioden 1995–2005	7
Anette Ludahl og Per Holm Nygaard	
Vitalitet, avgang og skader på foryngelsen ved selektiv hogst	11
Kjersti Holt Hanssen, Aksel Granhus og Roald Brean	
Endringer i mikroklima ved lukkede hogster	17
Kjersti Holt Hanssen	
Oppfrost av granplanter: Størst skader med dyp markberedning og store hogståpninger	23
Michelle de Chantal, Kjersti Holt Hanssen, Aksel Granhus, Urban Bergsten, Mikaell Ottosson Löfvenius og Harald Grip	
Naturlig foryngelse 11 år etter lukket hogst i blåbærgranskog	27
Aksel Granhus, Kjersti Holt Hanssen og Kjell Andreassen	
Planting etter lukket hogst – tidsforbruk og biologisk resultat	33
Aksel Granhus og Dag Fjeld	
Effekt av markberedning ved bruk av miniplanter og konvensjonelle pluggplanter	39
Inger Sundheim Fløistad, Aksel Granhus og Anders Lindström	
Høstskudd på granplanter etter kortdagsbehandling	43
Inger Sundheim Fløistad	
Bruk av nyttenebmatoder til bekjempelse av gransnutebillen (<i>Hylobius abietis</i>)	47
Solveig Haukeland	
Naturlig foryngelse av furu	53
Per Holm Nygaard og Sverre Skoklefeld	
Skånsom markberedning: Markberedningsaggregatet Markus	57
Morten Nitteberg og Per Holm Nygaard	
Skånsom markberedning i høyereliggende furuskog	61
Per Holm Nygaard og Roald Brean	

SAMMENDRAG

Nygaard, P. H. & Fløistad, I. S. (red.) 2007 Foryngelse for et bærekraftig skogbruk. Forskning fra Skog og landskap 03/07

Det strategiske instituttprogrammet om etablering av skog «Foryngelse for et bærekraftig skogbruk» (Nyskog) har fokusert på foryngelse i ulike former for lukkede hogster i sjiktet skog, på plantetyper og plantekvalitet med spesiell vekt på virkninger av kortdagsbehandling. Forskingen har også gått inn på biologisk bekjempelse av gransnutebiller med nematoder. Undersøkelsene omfatter videre ulike typer markberedning og utvikling av utstyr for skånsom markberedning. Forsøkene har vært gjort i gran- og furuskog, og i kontrollerte klimakammer.

På bakgrunn av resultatkontrollen for skog og miljø samt skogstatistikk fra Statistisk sentralbyrå framgår det at tilplantet areal er kraftig redusert i løpet av de siste 10 åra samt at totalt antall omsatte planter er mer enn halvert. Mens plantearealet er redusert har arealet som forynges naturlig økt. Store deler av dette arealet er ikke tilrettelagt for foryngelse, og markberedning kunne vært brukt i langt større grad.

Bruk av selektive hogster er økende, og vi har undersøkt hvordan forholdene for naturlig foryngelse påvirkes av hogstform. Forsøk har blitt anlagt på tre felter med sjiktet skog i Hedmark, to lokaliteter med granskog og en med furuskog. Resultatene viste betydelig avgang på forhåndsgjenvæksten etter hogst, men med størst skade i eller ved stikkveiene. Mikroklimatiske målinger ble utført før og etter hogst. Lysmålinger viste at den selektive hogsten gav gode lysforhold for foryngelsen, der 90 % av målepunktene viste tilfredsstillende lys-tilgang. Det er også påvist økt jordfuktighet og temperatur, men det er usikkert om også de større temperaturfluktuasjonene kan gi mer frostskafer og oppfrost på utsatte steder. Oppfrost er spesielt et problem på markberedte flekker. Forsøkene viste at oppfrosten ble kraftigere jo dypere ned markberedningen gikk. Store hogståpninger gav også mer skader av oppfrost enn mindre åpninger.

Kunnskaper om bestandsutvikling over et lengre tidsrom enn den første foryngelsesfasen er viktig for å ha grunnlag for å gjøre best mulige valg av foryngelsesform. Forsøk som opprinnelig ble anlagt i 1993–95 for å studere effekten av ulik hogstintensitet og markberedning har derfor vært revidert på nytt. Til tross for godt frøår etter hogst har det vært lite foryngelse uten markberedning. Flekkmarkberedning har gitt et større antall spireplanter enn inversmarkberedning, noe som forklares med den økte opptørking i overflaten som sistnevnte metode gir. Dersom den naturlige foryngelsen etter hogst ikke forventes å gi tilfredsstillende foryngelse kan det være aktuelt med suppleringsplanting. Tidsstudier viste at markberedning hadde større betydning for tidsbruken enn plantetetthet. Ved bledningspreget hogst påvirkes også plantenes overlevelse og vekst positivt ved markberedning. Inversmarkberedning har gitt bedre vekst enn flekkmarkberedning. Den tekniske gjennomførbarheten av markberedning begrenses ved de svakeste hogstuttakene. Faren for råteskader på gjenstående trær, tilsier også at markberedning bør begrenses til åpninger og relativt glisne bestand.

Det må stilles store krav til det plantemateriale som skal benyttes ved skogplanting. Kortdagsbehandling benyttes i skogplanteskolene for å sikre plantenes innvintring, men også for å regulere plantenes høydevekst. Høstskudd som kan forekomme, spesielt etter kortdagsbehandling, gir utfordringer både med hensyn til sikker innvintring og vinterlagring. Effekten av kortdagsbehandling gjennomført til ulike tider og med ulik varighet er beskrevet. Resultatene viste at tidlig start sammen med kort varighet på kortdagsbehandlingen gir økt frekvens av høstskudd, men at høstskudd trolig kan unngås etter tidlig behandling dersom en ny kortvarig behandling gis senere.

Svenske forsøk viser at miniplanter er mindre utsatt for snutebillegnag enn tradisjonelle plantetyper, samtidig som plantekostnadene reduseres. For å gjøre erfaringer med plantetyper, ble det etablert et feltforsøk i Norge hvor miniplanten ble sammenlignet med tradisjonelle norske plantetyper. Undersøkelsen viste at miniplanten har et godt etableringspotensial. Høydeveksten på miniplantene var tilsvarende som de ordinære plantetyperne etter den første vekstsesongen.

Biologisk bekjempelse av gransnutebiller med nyttenematoder har vært lite studert i Norge. Nytteneamatoder brukes imidlertid i enkelte andre plantekulturer for å bekjempe skadeinsekter. Dersom de rette nematodene er til stede i jorda, kan skadeinsektet infiseres på larvestadiet og bestanden reduseres. Gjennom prosjekt-

perioden har forekomsten av nematoder på hogstflater blitt undersøkt og utvalgte nematoder er blitt testet på snutebillelarver. Forsøkene viste at nyttenematoder kan drepe både larver og pupper av gransnutebiller. Men det gjenstår ennå mye arbeid før metoden kan taes i bruk i praktisk skala.

Furu forynges hovedsakelig naturlig. Det er mange forhold som påvirker frømengden, og det vil derfor være variasjoner fra år til år. Spesielt i høyereliggende områder kan det komme flere dårlige frøår etter hverandre. Når markberedning skal benyttes som hjelpetiltak er det derfor viktig å forutse gode frøår, og å markberede høsten før frøfall. Mekanisk markberedning er et nyttig hjelpetiltak ved foryngelse. Mye av utstyret som har vært brukt har imidlertid vært tungt, og lite hensiktsmessig på små arealer. Vi har testet et egenutviklet aggregat for overflatebehandling (Markus). Selv om erfaringene så langt er begrenset, fungerer aggregatet tilfredsstillende på lavskog, bærlyngskog og blåbærskog, og foryngelsesresultatene etter såing er lite forskjellig fra resultatene etter markberedning med tyngre aggregater. Lettere utstyr, som Markus, reduserer faren for skader på kulturminner og reduserer synlige spor i landskapet slik at konfliktnivået med andre interessegrupper reduseres.

KONTROLL AV FORYNGELSEFELT I PERIODEN 1995–2005

Anette Ludahl og Per Holm Nygaard
Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Resultatkontrollen for skog og miljø startet opp i 1994 etter et opplegg utarbeidet av en prosjektgruppe med representanter fra miljøvern- og skogbruksmyndighetene. Ivar Ekanger (Landbruks- og matdepartementet) ledet gruppen og Kåre Hobbelstad var Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) sin representant. Prosjektgruppens opplegg har blitt videreført i de påfølgende år. Resultatkontrollen utarbeides på grunnlag av data samlet inn på kommunenivå og består av tre deler, kontroll av foryngelsesfelt, kontroll av skogsbilveger og kontroll av skogbruksplanprosjekter (Resultatkontroll 1994). I denne artikkelen er noen av resultatene fra perioden 1995 til 2005 presentert.

het og tilgjengelighet basert på aktuell ressursituasjon (avstand og personell). Samtlige fylker omfattes av kontrollen. Feltene blir kontrollert to år etter avvirkning. Utvalget er gjort fra skogfondssystemet der alt omsatt kvantum er registrert. På de utvalgte feltene blir det registrert ulike skogfaglige og miljømessige forhold, slik som hogstform og hvilke foryngelsesmetoder som er benyttet samt hensyn til kantsoner og fornminner. Gjenveksten blir bedømt ut fra voksested, treslagsvalg og tetthet, og det blir vurdert om nødvendige miljøhensyn har blitt tatt. Bedømmelsene er foretatt med utgangspunkt i de intensjonene som er nedfelt i lover og forskrifter for de aktuelle hogstformene (Lov om skogbruk 2005).

Kort beskrivelse av kontrollopplegget

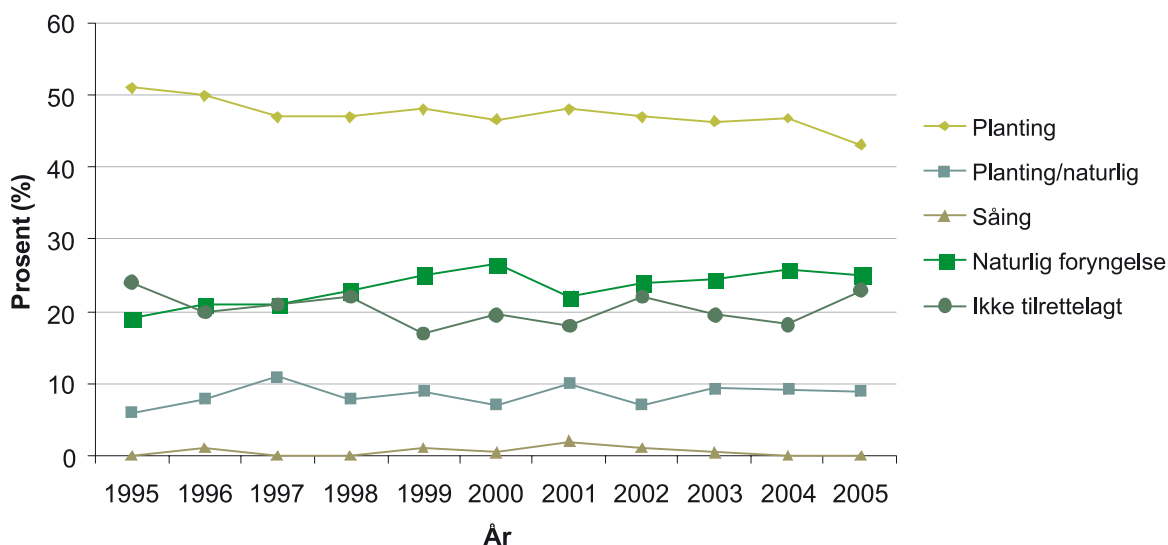
Kontrollen er et ledd i skogbruksmyndighetenes overvåking av foryngeshogstene opp mot de skogpolitiske målsetninger. Måten foryngelsen blir gjort på, har stor betydning for det fremtidige bestandet når det gjelder produksjon, hensynet til biologisk mangfold og hensynet til friluftsliv og rekreasjon (Levende Skog 1998).

Totalt blir ca. 1000 felt kontrollert årlig. Feltene er fordelt fylkesvis ut fra gjennomsnittlig avvirkningskvantum, størrelsen på fylket, geografisk beliggen-

Resultater fra kontroll av foryngelsesfelt i perioden 1995–2005

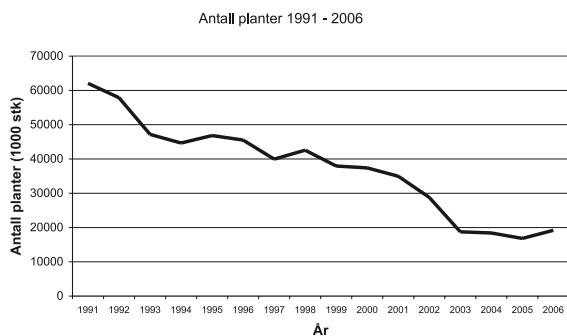
Det totale arealet som har blitt kontrollert varierer fra år til år avhengig av hogstaktiviteten det enkelte år. I gjennomsnitt for perioden 1995–2005 har det kontrollerte arealet ligget på 459.000 dekar, men har variert fra 405.000 dekar til 539.000 dekar. Tallene nedenfor er oppgitt i prosent av det årlig kontrollerte arealet.

Andelen areal i prosent fordelt på foryngeskategori

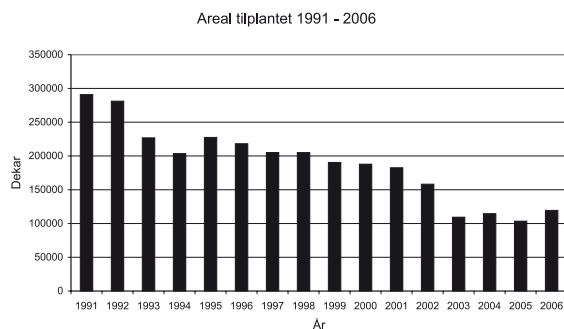


Figur 1. Foryngelsesmetoder. Areal oppgitt i prosent av totalt areal kontrollert det aktuelle året. Årstallene angir det året kontrollen ble gjennomført.

Figur 1 viser utviklingen av ulike foryngelsesformer samt omfanget av arealet der det ikke er foretatt noen foryngelse innen to år. Etablering av skog ved naturlig foryngelse etter hogst fikk økt fokus på første halvdel av 90-tallet. Figur 1 viser at naturlig foryngelse har økt i omfang fra 1995 og frem mot årtusenskiftet. Kategorien «ikke tilrettelagt» er registrert der det ikke er observert verken planting, såing eller andre spesielle hensyn som kan indikere tilretteleggelse for foryngelse. Nedgangen i tilplantet areal i løpet av perioden ligger på ca. 10 % eller 50.000 dekar. Tilsvarende tall fra Statistisk sentralbyrå viser at antall solgte planter til kulturforyngelse er gått ned fra 47 mill i 1995 til 17 mill i 2005 (Fig. 2a). I samme periode gikk tilplantet areal ned fra 227.000 da til 103.000 da (Fig. 2b).



Figur 2a. Plantetall til skogkultur i perioden 1991–2006.

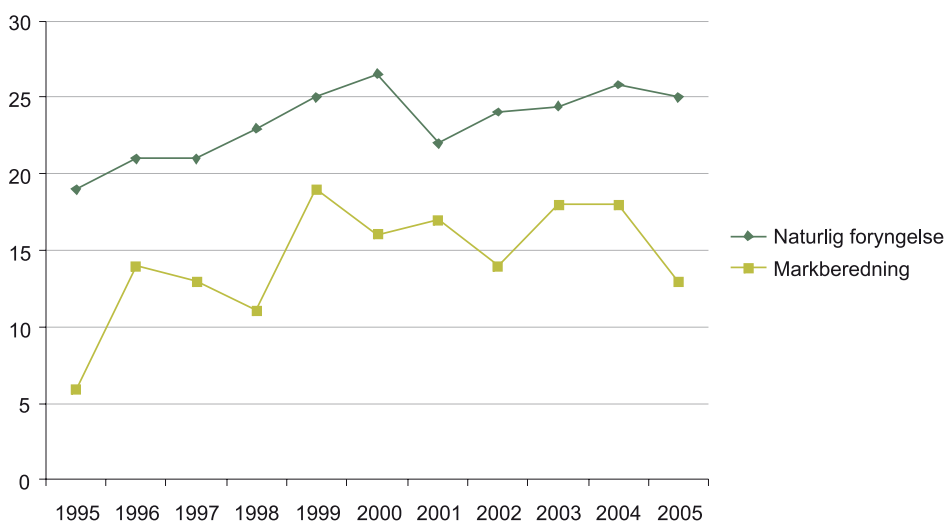


Figur 2b. Tilplantet skogareal i perioden 1991–2006.

Selv om noe av avviket mellom resultatkontrollen og tallene fra Statistisk sentralbyrå kan tilskrives tettere planting samt planting i skogreisningstrøk og på annen mark, er forskjellene av en slik størrelsesorden at en nærmere kvalitetskontroll bør gjennomføres.

Markberedning

Som en del av foryngelseskontrollen registreres det også om det er utført markberedning på foryngelsesfeltet. Dersom markberedning er utført, blir det vurdert hvor vidt dette var et riktig tiltak ut fra behov. Det blir i tillegg registrert om metoden som er brukt for markberedning var riktig og om det var miljømessig riktig å utføre tiltaket. I figur 3 er utviklingen over tid for markberedt areal og areal med naturlig foryngelse fremstilt grafisk. Begge arealer er oppgitt i prosent av totalt kontrollert areal.



Figur 3. Markberedning og naturlig foryngelse utført oppgitt i prosent av det totalt kontrollerte arealet. Årstallene angir det året kontrollen ble gjennomført.

Figuren viser at omfanget av markberedning har variert fra 6 % til 19 % i kontrollperioden. For hele perioden ligger det prosentvise arealet med markberedning godt under arealet med naturlig foryngelse. Tall fra Statistisk sentralbyrå viser at totalt markberedt areal i 2005 var ca. 50.000 dekar. Sett på bakgrunn av økt satsing på naturlig foryngelse og økt gjengroing i norske skoger, er sannsynligvis behovet for markberedning langt større. Markberedning har dessuten god effekt også for andre foryngelseskategorier som er vist i figur 1, slik som for eksempel planting og såing.

Konklusjon

I tiårsperioden som resultatene er hentet fra, har det skjedd en utvikling i norsk skogbruk som kan ha påvirket foryngelsesmetoder og strategiske valg blant skogeiere i Norge. Levende skog-standarder og forskningsprosjekter som «Miljøregistrering i Skog» samt generelt økt fokus på miljøhensyn, har påvirket skogeierens valg av foryngelsesmetoder slik at det plantes mindre. I perioden som kontrollen har foregått har det relative arealet som forynges ved planting blitt redusert med 10 % på landsbasis, og tall fra skogstatistikk tyder på at nedgangen er enda sterkere.

Tall fra Landsskogtakseringen viser at tilveksten i norske skoger aldri har vært så høy som nå siden registreringene startet i 1919 (Skogstatistikk 2005). Dette skyldes først og fremst stor planteaktivitet fra etterkrigsårene og frem til begynnelsen av 70-tallet. Etter dette har antall solgte planter fra norske planteskoler sunket gradvis. Dagens situasjon har vist at norsk industri er avhengig av tilgang på norsk virke og at en ikke kan basere seg på import av tømmer på lang sikt (Vennesland et al. 2006).

Arealet som forynges naturlig har økt relativt med ca. 6 % i løpet av kontrollperioden, og det kan tyde på at en del av plantearealet har blitt erstattet med naturlig foryngelse, muligens fordi naturlig foryngelse blir ansett å være mer miljøtilpasset enn planting. På 33 % av det arealet som forynges naturlig, er det behov for tiltak for å oppnå tilfredsstillende foryngelse. I tillegg kommer arealet ikke tilrettelagt som har ligget på ca. 20 % i perioden.

Som nevnt innledningsvis er måten foryngelsen blir gjort på av stor betydning for det fremtidige bestandet når det gjelder skogproduksjon, forholdet til biologisk mangfold og bruk av skogen til friluftsliv og rekreasjon. På bakgrunn av redusert planting, areal med dårlig tilrettelagt foryngelse og ikke tilrettelagt for foryngelse, er det derfor viktig at foryngelse av skogen igjen får økt fokus dersom man ønsker å opprettholde ressurstilgangen og tilveksten på dagens nivå. Som et ledd i dette arbeidet bør foryngelseskontrollen oppgraderes og kvalitetssikres slik at den mer presist gjenspeiler endringer i foryngelsesarbeidet, og blir et nyttig verktøy i forvaltningen av skog.

Referanser

- Levende Skog 1998. Standarder for bærekraftig norsk skogbruk bransjeprojektet for skog og miljø.
- Resultatkontroll 1994. Resultatkontroll – Skogbruk/ miljø Rapport 1994. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging. NIJOS rapport 11/96.
- Skogstatistikk 2005. Norges offisielle statistikk, Statistisk sentralbyrå.
- Vennesland, B., Hobbestad, K., Bolkesjø, T., Baardsen, S., Lilleng, J. & Rolstad, J. 2006. Skogressursene i Norge 2006. – Viten fra Skog og landskap 03/2006: 1–94.

VITALITET, AVGANG OG SKADER PÅ FORYNGELSEN VED SELEKTIV HOGST

Kjersti Holt Hanssen¹, Aksel Granhus² og Roald Brean¹

¹Norsk institutt for skog og landskap, Ås

²Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås

Innledning

En selektiv hogst skiller seg fra flatehogst eller frøtrestilling ved at vi tar ut en mindre del av trekapitalen ved hvert inngrep, og at hogstinngrepene kommer med færre års mellomrom. Som oftest er et av formålene ved hogsten å oppnå naturlig foryngelse og dermed unngå plantekostnader. Dersom dette skal lykkes, er det også viktig at forhåndsgjenveksten får en tilfredsstillende vekst og vitalitet, og at avgang og skadefrekvens ikke blir for stor ved hvert hogstinngrep. Veksten er i stor grad avhengig av hvor mye lys og rotrom plantene har, det vil si hvor stor konkurransen om ressursene er fra større trær så vel som fra bunnvegetasjon.

Skader og avgang ved hogsten er avhengig av flere faktorer, blant annet tettheten i bestandet, intensiteten i uttaket, foryngelsens høyde, stikkveiavstanden og maskinførerens dyktighet (Skoklefeldt 1967; Sirén 1999; Granhus og Fjeld 2001). I tillegg til de mekaniske skadene som oppstår ved hogsten, fører avirkingen av overbestandet til endrede betingelser med hensyn til lystilgang, rotkonkurranse og mikroklimatiske forhold. Dette kan føre til fysiologisk stress hos plantene, for eksempel uttørking eller skader på fotosynteseapparatet (Granhus 2002). Sammen med nedbaring og mekaniske skader kan dette føre til ytterligere avgang i foryngelsen de første årene etter hogst.

Vi undersøkte vitaliteten før hogst hos gran- og furuforyngelse i tre sjiktede bestand, og studerte hvordan selektiv hogst påvirket avgang og skader hos

foryngelsen. Gjenveksten ble fulgt i tre år etter hogsten, og vi undersøkte plantenes vekst under de endrede lysforholdene.

Materiale og metoder

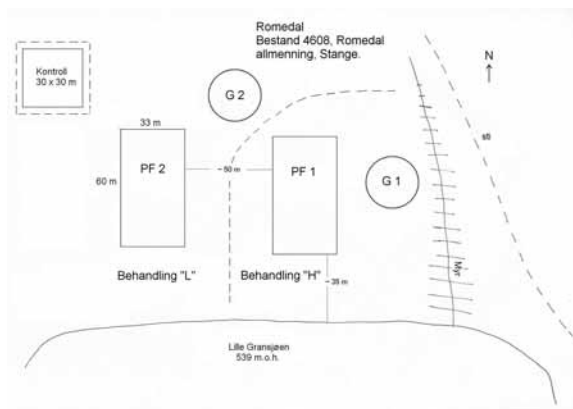
I samarbeid med grunneierne og Glommen Skog AB ble det i 2003 plukket ut tre felter i Hedmark med sjikket skog. To av feltene (Nord-Odal og Romedal) lå i granskog, mens Tolga-feltet lå i furuskog. Vegetasjonstypen var henholdsvis blåbærskog i de to granbestandene, og bærlyngskog i furubestanden. Volum og andre bestandsdata framgår av tabell 1.

Før hogst, sommeren 2003, ble forhåndsgjenveksten av gran og furu (0,1–3 m høyde) registrert. Høyde og toppskuddlengder ble målt, og plantenes vitalitet ble vurdert i henhold til en firedelt skala (0–3): Planter som var i god vekst, med mye grønt bar og friske toppskudd, ble plassert i klasse 0. Planter i klasse 1 var nokså vitale, men kunne ha mindre barmasse og kortere toppskudd. Planter i klasse 2 var klart undertrykte, mens de i klasse 3 hadde så lite grønt bar og så dårlig vekst at de sannsynligvis ikke ville klare overgangen til bedre lysforhold. Hvis ikke annet blir nevnt refereres det til planter i klasse 0–2 i denne artikkelen. Til sammen 318 gran- og furuplanter i disse klassene ble undersøkt før og etter hogst, og veksten de tre første årene etter hogsten ble målt.

Tabell 1. Bestandsdata for feltene.

Felt	H.o.h.	Bonitet	Overhøyde (m)	Volum i m ³ /ha			Treantall pr. ha (≥5 cm DBH)			Foryngelse (0,1–3 m) pr. ha, før hogst
				før hogst	etter hogst*		før hogst	etter hogst*		
Nord-Odal	450	G14	20,3	305	120	165	1400	740	1060	870
Romedal	540	G12	19,0	295	115	150	1100	670	930	1570
Tolga	520	F11	17,0	180	75	95	950	670	720	520

* To hogstalternativer med «lavt» og «høyt» gjenstående volum.



Figur 1. Skisse over feltet i Romedal. PF = prøveflater, G = gruppehogst, L = lavt gjenstående volum etter hogst, H = høyt gjenstående volum etter hogst.

Lysforholdene i bestandene ble målt ved hjelp av hemisfærefotografier tatt i 1,3 m høyde, både i faste punkter plassert i et rutenett i bestandene og over plantene. Flere detaljer om lysforhold og mikroklima finnes i Hanssen (2007). I denne sammenhengen defineres lyset som en prosentvis andel av fullt sollys, som er den lysmengden som når kronetaket.

Bestandene ble delt i to, og hver del ble hogd med forskjellig styrke. Det ble benyttet en engreps hogstmaskin, og virket ble kjørt ut med lastetraktor. Målet var at det skulle stå igjen 40 % av volumet i den ene

halvdelen, og 60 % i den andre. I praksis endte uttakene litt nærmere hverandre enn dette (tabell 1). Hogsten ble utført ved å ta ut de største trærne samt skadde og lite vitale trær, og ved å tynne i over-tette partier. En del mindre trær ble dessuten tatt ut i stikkveiene. I hver halvdel ble det lagt ut en prøveflate på to dekar. I tillegg ble det lagt ut to gruppehogster med en diameter på 25 m i hvert bestand, og en urørt kontrollrute som representerer forholdene før hogst. Forsøksopplegget går fram av figur 1. I denne artikkelen tar vi bare for oss foryngelsen som står i prøveflatene.

Sommeren 2004 registrerte vi avgang og skader hos plantene etter hogsten. Tabell 2 viser skade-klassene. Høsten 2006 ble avgang, vitalitet og høydevekst igjen registrert for foryngelsen.

Vi brukte variansanalyse (GLM) med lysverdier eller høydevekst etter hogst som responsvariable og vitalitetsklasse som forklaringsvariabel for å finne ut om det var signifikante forskjeller i lysforhold for planter i forskjellige vitalitetsklasser, og om høydeveksten etter hogst var avhengig av plantenes vitalitet før hogst. Gran- og furuplanter ble analysert hver for seg. Tukey's test ble brukt for å sammenlikne vitalitetsklassene. Statistikkprogrammet SAS ble brukt til beregningene (Anon. 1989).

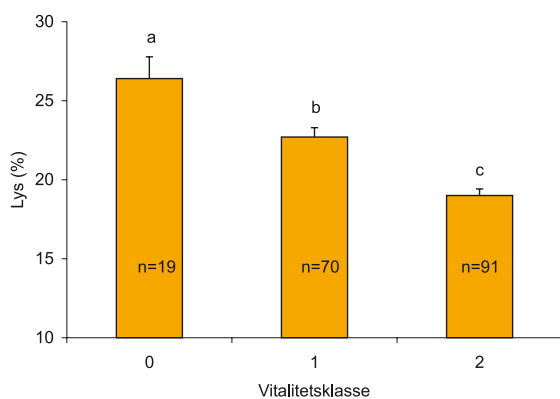
Tabell 2. Skadeklasser registrert for foryngelsen etter hogst.

Skadeklasse	0	1	2	3
Brekk	Ikke brukket	Øverste 1–2 toppskudd brukket	Brekk lenger ned på stammen	-
Bark	Ingen barkskade	1–25 % av omkretsen skadet	25–50 % av omkretsen skadet	> 50 % av omkretsen skadet
Krone	Ingen kroneskade	1–25 % av krone skadd/avrevet	26–50 % skadd/avrevet	> 50 % skadd/avrevet
Skjevhet	Ingen skjevhet	1–30° avvik fra rett stamme	31–60° avvik	over 60° avvik

Resultater

Vekst og vitalitet før hogst

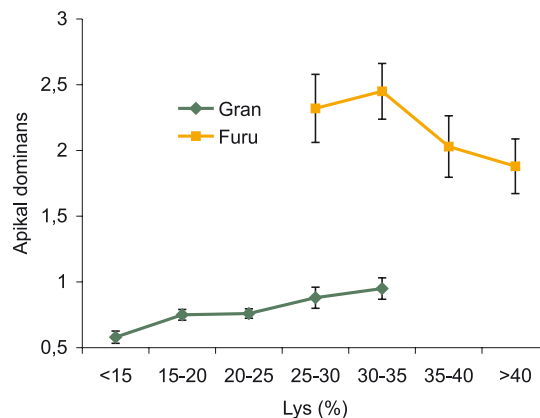
Granbestandene var relativt tette, med en kubikkmasse på ca. 300 m³ pr. ha. Det var flere tiår siden forrige hogst. Foryngelsen bar preg av å være undertrykt gjennom lengre tid, og bare en fjerdedel av plantene var ved rimelig god vitalitet (klasse 0 eller 1). Vi fant statistisk signifikante forskjeller i lysforhold mellom planter av forskjellig vitalitet. De mest vitale plantene (vitalitetsklasse 0) hadde i gjennomsnitt 26 % av fullt dagslys, mens de undertrykte plantene i klasse 2 hadde 19 % (figur 2). De plantene som hadde mest lys, hadde også lengre toppskudd. I snitt var toppskuddlengden imidlertid bare 3 cm. Med en slik veksthastighet tar det over 40 år for en plante å nå brysthøyde.



Figur 2. Lysforholdene, vist som gjennomsnittverdier (+ standardfeilen), ved granplanter i forskjellige vitalitetsklasser. Ulike bokstaver betyr at det er statistisk sikre forskjeller mellom gruppene.

Furuplantene viste noe av det samme mønsteret, ved at de mest vitale plantene sto under best lysforhold. Plantene som var i vitalitetsklasse 0 og 1 sto under lysforhold som tilsvarte ca. 40 % av fullt lys. Fordi en så stor andel som 85 % av furuplantene ble betegnet som undertrykte (vitalitet 2 eller 3), var det vanskelig å finne statistisk sikre forskjeller for vekst og vitalitet i forhold til lysmengde. Gjennomsnittlig toppskuddlengde for furuforyngelsen var 5 cm.

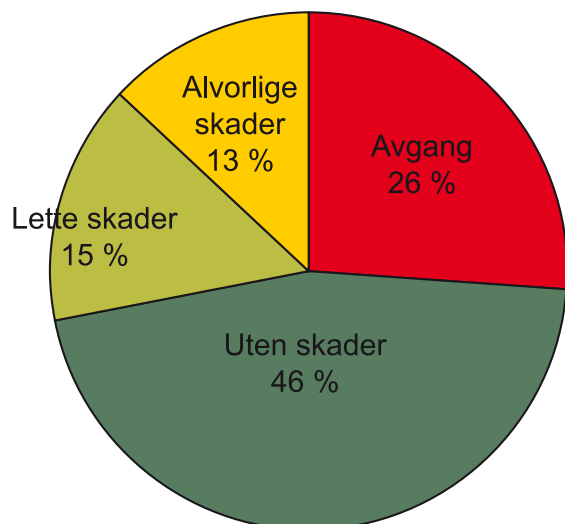
Det var en tydelig forskjell i vekstmønster mellom gran og furu. Den apikale dominansen (forholdet mellom lengden av toppskuddet og lengden av sidegreina på øverste kvistkrans) økte for granplantene når lysforholdene ble bedre, mens det var motsatt for furu (figur 3).



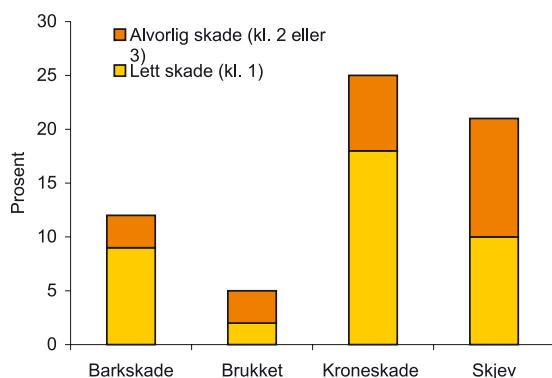
Figur 3. Lystilgangen påvirker den apikale dominansen (forholdet mellom lengden av toppskuddet og lengste sidegrein i øverste kvistkrans) på forskjellig måte hos gran og furu. Bak hvert punkt på kurvene ligger det målinger gjort på 10–80 planter. Vertikale streker viser standardfeilen.

Skader og avgang

Ved hogsten gikk omtrent en fjerdedel av plantene ut på grunn av brekk, velting eller andre skader. I underkant av 30 % hadde en form for skade, 13 % alvorlig (definert som skade i klasse 2 eller 3, tabell 2), mens en knapp halvpart var helt uten skader (figur 4). Den største avgangen og de høyeste skadetallene fant vi naturlig nok i stikkveiene, hvor avgangen var på 74 % og over halvparten av de gjenværende plantene hadde alvorlige skader. Utenfor stikkveiene var avgangen under 10 %. Stikkveiarealet var på ca. 22 %. Det var noe forskjell mellom feltene, med minst avgang i Tolga, hvor utgangstettheten og også uttaksvolumet var lavest. Skadeprosenten var imidlertid like høy her som i granfeltene. Kroneskader var den vanligste formen for skader, fulgt av skjevhet og barksår (figur 5). De fleste plantene som brakk overlevde ikke hogsten, derfor er andelen «brukket» lav blant de overlevende småtrærne.



Figur 4. Fordeling av avgang og skader hos foryngelsen etter hogsten. Gjennomsnitt for alle tre felt.



Figur 5. Fordeling på skadetyper for foryngelse som overlevde hogsten. Mange planter hadde flere typer skader. Gjennomsnittsverdier for alle tre felt. Se tabell 2 for forklaring av skadeklasser.

I tillegg til avgangen under hogsten, gikk en del av de skadde plantene ut de første sesongene etterpå. I 2006 hadde ytterligere 8 % av plantene gått ut, 80 % av disse hadde en eller annen form for skade, og 60 % hadde en alvorlig skade. Til sammen er altså omtrent en tredjedel av foryngelsen borte tre sesonger etter hogsten. Det har vært noe etablering av ny foryngelse i perioden etter hogst, høsten 2006 var det ca. 1200 planter under 10 cm pr. hektar.

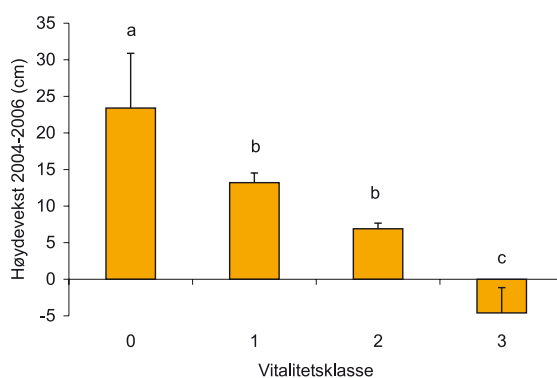
Vekst etter hogst

Høydeveksten til granplantene etter hogsten varerte signifikant ($p < 0,0001$) med hvor vitale de hadde vært før hogst. Planter klassifisert til vitalitet 0–2 og som ikke fikk alvorlige skader under hogsten, hadde i gjennomsnitt en høydevekst på hen-

holdsvis 23, 13 og 7 cm i de tre første sesongene etter hogst (figur 6). For vitalitetsklasse 3 var gjennomsnittlig tilvekst faktisk negativ, fordi toppen hos noen planter hadde tørket ut. For furu fant vi derimot ingen sikre sammenhenger mellom vitalitet og vekst etter hogst, igjen var nok dette forårsaket av et nokså lite materiale med liten spredning i vitalitet. Det trengs derfor et større materiale for å si noe sikkert for dette treslaget.

Gjennomsnittlig høydevekst for alle plantene de tre første sesongene etter hogst var omtrent lik veksten de tre siste sesongene før hogst.

Etter hogsten var det en markant økning i lystilgang på feltene (Hanssen 2007). Mer enn 90 % av målepunktene hadde lysverdier over 25 % i granbestandene eller 45 % i furubestanden.



Figur 6. Høydetilvekst for granplantene i de tre første sesongene etter hogst, etter plantenes vitalitetsklasse før hogst. 0 er best vitalitet, 3 dårligst. Ulike bokstaver betyr at det er statistisk sikre forskjeller mellom gruppene.

Diskusjon

Vi fant en korrelasjon mellom foryngelsens vitalitet og lysforholdene plantene vokste under. På våre felter på lav til middels bonitet så granplantene ut til å trenge en lystilgang på ca. 25 % for å ha en tilfredsstillende vitalitet, mens furu trengte opp mot 40 %. En forskjell i lysmengde på bare 5–7 % var avgjørende for om granforyngelsen klarte seg bra eller ikke. Et stående volum før hogst på ca. 300 m³/ha i granbestandene og 180 m³/ha i furubestanden ga såpass harde konkurranseforhold at det meste av forhåndsgjenvæksten var klart undertrykt. Den selektive hogsten har ført til atskillig bedre forhold for foryngelsen.

Vi har målt lysforholdene i dette forsøket, men vet ikke i hvilken grad vitaliteten har sammenheng også med konkurranse om andre ressurser. En stor åpning fører til bedre lysforhold på bakken enn en

liten, men samtidig vil det være mindre rotkonkurranse om vann og næringsstoffer i den store åpningen inntil det ledige rotrommet etter hvert okkuperes av feltsjiktvegetasjon. Coomes og Grubb (2000) konkluderer med at lyset er en minimumsfaktor under svært skyggefulle forhold (mindre enn ca. 5 % dagslys), men at konkurransen i rotsonen får større betydning etter hvert som lysmengden øker, ikke minst på næringsfattige jordtyper. Dette, og upublisererte resultater fra forsøk som nå pågår på de aktuelle feltene, tyder på at begge faktorer spiller en rolle under de forholdene vi finner på feltene. Også størrelsen til foryngelsen er viktig. Jo større plantene er, desto større krav til lysenergi har de. Derfor må en suksessiv fristilling til for at de skal vokse og utvikle seg tilfredsstillende fram til hogstmodenhet. Etter hvert som trærne vokser vil de også nå høyere opp mot kronetaket, og dermed få bedre lysforhold. Vi har undersøkt foryngelse opp til 3 m høyde, og de sammenhengene vi har funnet vil ikke nødvendigvis gjelde for større trær.

Granplanter kan overleve i mange år under dårlige lysforhold, mens for furu, som er et lyskrevende treslag, er det spesielt viktig at foryngelsen får nok lys. Slik figur 3 viser, har furu- og granplanter forskjellige måter å tilpasse seg dårlige lysforhold på. Den mer skyggetolerante granforyngelsen vil maksimere lysassimilasjonen og redusere respirasjonen ved å utvikle lengre sidegreiner enn toppskudd, og ved at de nederste, mest beskyggede greinene dør. Dermed får planten et paraplyliknende utseende. En furuplante vil derimot vokse i høyden, for om mulig å nå opp til bedre lysforhold. De får derfor tynne, spinkle stammer med få sidegreiner, som lett bøyes ned av snø. Ved bedre lysforhold bygger furuplantene ut flere og lengre sidegreiner, og får kraftigere stamme.

Avgangen etter den selektive hogsten var betydelig, etter tre år hadde en tredjedel av plantene gått ut. Det aller meste av avgangen og skadene har imidlertid kommet i eller ved stikkveiene. Ved neste hogstinngrep kan vi derfor forvente en atskillig lavere avgang, hvis de samme stikkveiene blir benyttet. En god del planter hadde også skader, noe som kan gi redusert vekst og virkesfeil seinere. De mest vanlige skadetyperne var kroneskader og skjevhet. Veksten etter hogst har vært best for de plantene som hadde god vitalitet på forhånd. Også andre undersøkelser viser at de mest vitale plantene, som er i god vekst og har stor barmasse, klarer seg best og vokser bedre etter en hogst (Örlander og Karlsson 2000; Metslaid et al. 2005). Foreløpig har det ikke vært noen økning i høydevek-

sten på våre felter, men det tar noen år før plantene kan utnytte den økte lystilgangen fullt ut. Det skyldes at plantenes skyggenåler må erstattes av nye årganger av lysnåler. Andre studier indikerer at det tar fra to til syv år før man kan regne med en vesentlig økning i høydeveksten etter avvirkning (Skoklefald 1967; Skoklefald 1989; Granhus og Brække 2001). Den økte lystilgangen etter hogst borger for gode forhold for foryngelsen de nærmeste årene.

Etterord

Dette arbeidet ble finansiert gjennom Norges forskningsråd, prosjekt 153738/140. Vi takker skogeierne Erik Haug i Nord-Odal, Jakob og Arve Trøan i Tolga og Romedal allmenning for å stille sine eiendommer til disposisjon. Takk også til Kontus-prosjektet ved Trygve Øvergård i Glommen Skog BA, for godt samarbeid, gode innspill og praktisk hjelp underveis.

Abstract

We studied seedling (0.1–3 m height) vitality, mortality and injuries in three uneven-aged stands in eastern Norway. Two Norway spruce (*Picea abies*) stands and one Scots pine (*Pinus sylvestris*) stand were cut by selective cutting with two levels of removal (approx. 40 and 60 % of standing volume). The stands had low to medium site indices. Both before and after cutting, light levels were measured with hemispherical photography, and seedling growth and vitality was recorded. The vitality and growth of the spruce seedlings showed strong positive correlation with the light conditions beneath the canopy. Under the prevailing conditions, the spruce seedlings needed approximately 25 % of full light to grow satisfactory. For pine the light level had to approach 40 % to produce vital seedlings. After cutting, seedling mortality was 26 % while 28 % of the seedlings had some kind of injury. Mortality increased with another 8 % the following three seasons. Higher mortality was recorded in or close to the strip roads. The selective cutting increased light levels substantially, creating many good sites for seedling and sapling growth in the three stands. Height growth after cutting was significantly higher for the seedlings with good pre-harvest vitality.

Litteratur

- Anon. (1989). SAS/STAT User's Guide, Version 6. 4th edition, Vol. 2, 846 pp. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Coomes, D. A. og Grubb, P. J. (2000). Impacts of root competition in forests and woodlands: A theoretical framework and review of experiments. *Ecological Monographs* 70 (2): 171–207.
- Granhus, A. (2002). Forhåndsgjenvekst – biologi og fristilling. Rapporter fra Norges landbrukshøgskole 1/2002, s. 32–39. Institutt for skogfag, Ås.
- Granhus, A. og Brække, F. H. (2001). Nutrient status of Norway spruce stands subjected to different levels of overstorey removal. *Trees-Structure and Function* 15 (7): 393–402.
- Granhus, A. og Fjeld, D. (2001). Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* 31 (11): 1903–1913.
- Hanssen, K. H. (2007). Endringer i mikroklima ved lukkede hogster. *Forskning fra Skog og landskap* 3/07 s. 17-21.
- Metslaid, M., Ilisson, T., Nikinmaa, E., Kusmin, J. og Jogiste, K. (2005). Recovery of advance regeneration after disturbances: Acclimation of needle characteristics in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 112–121.
- Sirén, M. (1999). One-grip harvester operations, silvicultural results and possibilities to predict tree damage. I: Kean, M. G., and Koffman, P. D. (red.). *The thinning wood-chain. Proceedings from a IUFRO (Research unit 3.09.00) conference on harvesting and economics in thinning.* Ennis, Ireland, May 4–7, 1999. Felles publ. utgitt IUFRO, Coillte, Skov og Landskab, og Coford, s. 152–167.
- Skoklefald, S. (1967). Fristilling av naturlig gjenvekst av gran. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen* 23: 381–409.
- Skoklefald, S. (1989). Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflete. Rapport 6/89, 39 s. Norsk institutt for skogforskning.
- Örlander, G. og Karlsson, C. (2000). Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15 (1): 20–29.

ENDRINGER I MIKROKLIMA VED LUKKEDE HOGSTER

Kjersti Holt Hanssen
Norsk institutt for skog og landskap, Ås

Lukkede hogster: hogster som i stor grad bevarer bestandens mikroklima. En vanlig definisjon er at det står igjen flere enn 15 trær pr. dekar etter hogst, eller at hogståpningene ikke overstiger 2 dekar. Eksempler: gruppehogst, kanthogst, skjermstilling, selektiv hogst.

Selektive hogster: en type lukket hogst, basert på definerte kriterier for trevalg, som utvikler eller bevarer en sjiktet skogstruktur. Behandlingsenheten er enkelttrær eller små grupper av trær. Eksempler: bledning, fjellskoghogst, plukkhogst.

Innledning

Lysforhold, temperatur og jordfuktighet er viktige faktorer som bestemmer spiring, vekst og overlevelse hos småplanter, og som blir påvirket av tettheten i overbestandet. Lysmengden bestemmer energitilgangen for plantene og temperaturforholdene i luft og jord. Lufttemperaturen påvirker faren for frostskafer og uttørking, og hvor raskt forskjellige fysiologiske prosesser skjer i plantene, mens jordtemperaturen for eksempel påvirker spiringen, faren for oppfrost, og hastigheten av rotveksten som igjen har betydning for plantenes vann- og næringsopptak. Jordfuktigheten er viktig for spiring og for plantenes vekst og overlevelse, ikke minst de første par årene mens småplantene har et dårlig utbygd rotsystem.

For foryngelse som vokser opp i et bestand med større trær, blir veksten vanligvis positivt påvirket når tettheten i overbestandet avtar (Skoklefald 1989; Hanssen et al. 2003), fordi dette gir økt lys-tilgang og redusert konkurranse om vann og næring fra større trær. Noen studier har imidlertid vist at småplantenes vekst og overlevelse kan være bedre i bestand som har et visst antall store trær, sammenliknet med hogstflater. Dette er fordi et overbestand skaper et mindre ekstremt mikroklima, med høyere minimumstemperaturer, lavere maksimumstemperaturer og større fuktighet, samt at konkurransen fra bunnvegetasjonen blir dempet (Kubin og Kempainen 1991; Man og Lieffers 1999; Langvall et al. 2001).

Forskjellige former for lukkede hogster blir benyttet i økende grad i Norge, som oftest i kombinasjon

med naturlig foryngelse. Fordi et av formålene med hogsten er å få opp ny foryngelse, er det viktig å vite hvordan hogstuttaket påvirker de mikroklimatiske forholdene. Treslagene har ulike krav til sine omgivelser, ikke minst gjelder dette for lysforholdene. Vi vet at furu trenger mer lys enn gran, og det er derfor en fare for at granforyngelse etablerer seg lettere enn furu i skog som er hogd med lukkede hogster, selv der marka er bedre egnet for furu. Dersom hogsten slipper nok lys ned på bakken, vil også furuplantene klare seg godt. Lysforholdene for foryngelsen har særlig vært diskutert ved selektive hogster, hvor enkelttrær eller smågrupper av trær er behandlingsenheten. Ved en slik hogst vil man måtte balansere hensynet til foryngelsen mot produksjonen i restbestandet så vel som mot økonomien i uttaket. Det er reist spørsmål om selektive hogster vil gi foryngelsen gode nok forhold til å vokse og utvikle seg, og om hvor intensiv hogsten eventuelt bør være for å gi tilfredsstillende forhold.

Vi ønsket å studere hvordan lukkede hogster påvirker de mikroklimatiske forholdene i sjiktede gran- og furubestand, og utførte målinger av lys, temperatur og fuktighet i gruppehogst og selektive hogster av ulik intensitet.

Materiale og metoder

Feltarbeidet foregikk i tre sjiktede bestand i Hedmark; to granskogsfelter i Nord-Odal og Romedal, og et furufelt i Tolga. Volum og andre bestandsdata framgår av tabell 1. Forsøksopplegget på hvert felt besto av en urørt kontrollrute og to gruppehogster med diameter 25 m, mens resten av arealet ble hogd med selektiv hogst i to uttaksgrader (ca. 40 og 60 % av stående volum). Flere detaljer om hogsten finnes i en annen artikkel i denne rapporten (Hanssen et al. 2007).

Tabell 1. Bestandsdata for feltene.

Felt	H.o.h.	Helling og eksposisjon	Bonitet	Overhøyde (m)	Volum i m ³ /ha			Treantall pr. ha (≥5 cm DBH)		
					før hogst	etter hogst*		før hogst	etter hogst*	
Nord-Odal	450	Svak, SØ	G14	20,3	305	120	165	1400	740	1060
Romedal	540	Svak, S	G12	19,0	295	115	150	1100	670	930
Tolga	520	Middels, SØ	F11	17,0	180	75	95	950	670	720

* To hogstalternativer for selektiv hogst med «lavt» (ca. 40 %) og «høyt» (ca. 60 %) gjenstående volum

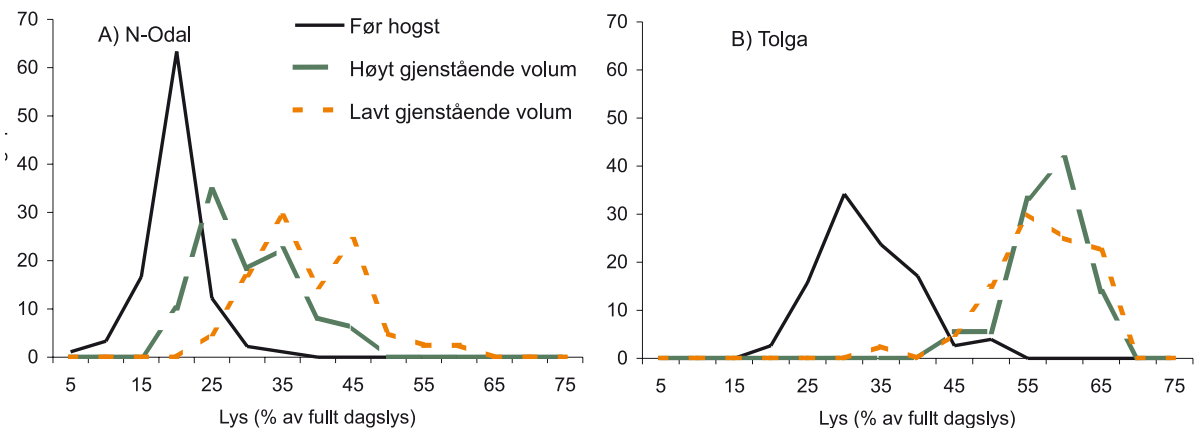
Før hogst, sommeren 2003, ble forhåndsgjenvæksten av gran og furu (0,1–3 m høyde) registrert på feltene. Lysforholdene i bestandene ble målt ved hjelp av hemisfærefotografier tatt i 1,3 m høyde, både i faste punkter plassert i et rutenett i bestandene og over plantene. I denne artikkelen defineres lystilgangen som en prosentandel av fullt sollys, som er den lysmengden som når kronetaket. Til sammen ble lysmålingene foretatt i ca. 90 punkter i hvert bestand. Fuktighetsforholdene i jorda (volumetrisk vanninnhold) ble registrert 2–3 ganger med en håndholdt fuktighetsmåler (Theta Probe ML2x) i løpet av sesongen, både ved plantene og i de faste punktene.

Etter hogsten ble målingene av lys og fuktighetsforhold gjentatt i de samme punktene. Temperaturforholdene i jord og luft ble nå også registrert, ved hjelp av små dataloggere (Minilog TR) som henholdsvis ble gravd 5 cm ned i mineraljorda eller plassert i strålings skjerm 20 cm over bakken. Disse målingene ble utført i et utvalg av åpninger etter hogsten, fra små åpninger på 20–30 m², middels store åpninger på 50–80 m², store åpninger på 120–250 m², og til gruppehogstene som hadde et areal på ca. 500 m². I tillegg ble temperaturen målt i de urørte kontrollrutene.

Resultater og diskusjon

Lysforhold

Lysforholdene på bakkenivå i et bestand vil variere med treslag, høyde og tetthet og bestandets struktur (sjiktning). Resultatene viste at før hogst trengte i gjennomsnitt 19 % av dagslyset gjennom trekronene i de to granbestandene. Det var relativt liten variasjon i lysforholdene i granskogen. Figur 1a viser fordelingen av lysverdier i 90 målepunkter i Nord-Odal, før og etter hogst, og vi ser at det er en tydelig konsentrasjon av punkter med ca. 20 % lystilgang før hogst. Feltet i Romedal hadde tilsvarende verdier. Figur 1b viser at furubestandet i Tolga generelt har høyere lysverdier og en større variasjon enn granbestandene. Dette skyldes et mer glissent bestand, og at furukroner slipper gjennom mer lys enn gran. Gjennomsnittet for furubestandet før hogst var 31 % lystilgang i brysthøyde. For alle feltene var det litt høyere lystilgang for småplantene sammenliknet med de faste punktene (2–3 %), noe som trolig gjenspeiler at de plantene som spirer på steder med ugunstige lysforhold har noe høyere dødelighet.



Figur 1. Fordeling av målte lysverdier i A) Nord-Odal og B) Tolga, før og etter hogst (heltrukne vs. stiplede linjer). Målingene er foretatt i ca. 90 punkter i hvert bestand.

Etter selektiv hogst økte lystilgangen til et gjennomsnitt på 36 % i granskogen og 57 % i furubestandet. Fordi en selektiv hogst fører til store åpninger noen steder og relativt tette områder andre steder, var differansen stor fra lavest til høyest målte lysverdi i granbestandene. Dette var ikke så tydelig for furubestandet, som hadde et ganske bredt spekter av lysforhold også før hogst (figur 1b). Forskjellene mellom de to hogstbehandlingene var relativt små. I gruppehogstene økte lystilgangen til 70 %, målt midt i åpningene.

Hogsten har altså ført til en kraftig økning av den lysmengden som når ned til bakkenivå. Roussel (1948) kom fram til at granplanter trenger 15–24 % lys for å overleve over lengre tid. Resultatene fra våre felter (Hanssen et al. 2007) viste at granplanter med en lystilgang under 20 % som oftest var svært undertrykte, mens de med over 25 % av fullt lys var ganske vitale. Furuplanter trenger mer lys. På våre felter hadde furuplantene dårlig vitalitet opp til ca. 40 % av full lystilgang. Etter hogst mottar 90 % av punktene i gran- og furubestandene mer enn henholdsvis 25 og 45 % av fullt lys, også i behandlingene med høyest gjenstående volum – opp til 165 m³/ha. Den selektive hogsten har dermed bidratt til mange gode vokseplasser for småplantene, i hvert fall når det gjelder lystilgang. Også tilgangen på vann og næring vil påvirke plantenes utvikling, ikke minst under relativt næringsfattige forhold. Siden en stor åpning gir mer lys, men også mindre rotkonkurranse fra større trær, er

det vanskelig å skille effekten av disse to faktorene fra hverandre.

Med tiden vil bestandet slutte seg igjen, samtidig som plantene krever mer lys etter hvert som de blir større. På våre felt med lav bonitet vil bestandet slutte seg relativt langsomt. Hvor lenge effekten av hogsten er «god nok» til at gjenveksten opprettholder vitaliteten, har betydning for når neste hogstinngrep bør finne sted. Videre oppfølging av feltene vil gi grunnlag for å vurdere dette.

Temperaturer

Etter hogsten var det ikke så store forskjeller i gjennomsnittlig lufttemperatur mellom åpninger av forskjellig størrelse (tabell 2). Alle åpningene har imidlertid noe høyere middeltemperaturer enn den urørte kontrollen. De største åpningene har en større variasjon i temperaturen, noe som vises i større standardavvik og i mer ekstreme maksimums- og minimumstemperaturer. Gjennomsnittet for jordtemperaturene øker stort sett med størrelsen på åpningene, og er lavest i kontrollruta. Det er lokale variasjoner i hvor mye humus og vegetasjon som dekket punktet der loggerne ble gravd ned, og dette kan virke inn på resultatene. Endringene i temperatur mellom natt og dag så vel som endringene utover i sesongen skjer mye langsommere i jorda enn i lufta. Standardavviket og ekstremverdiene for jordtemperaturen er derfor atskillig lavere enn for lufttemperaturen.

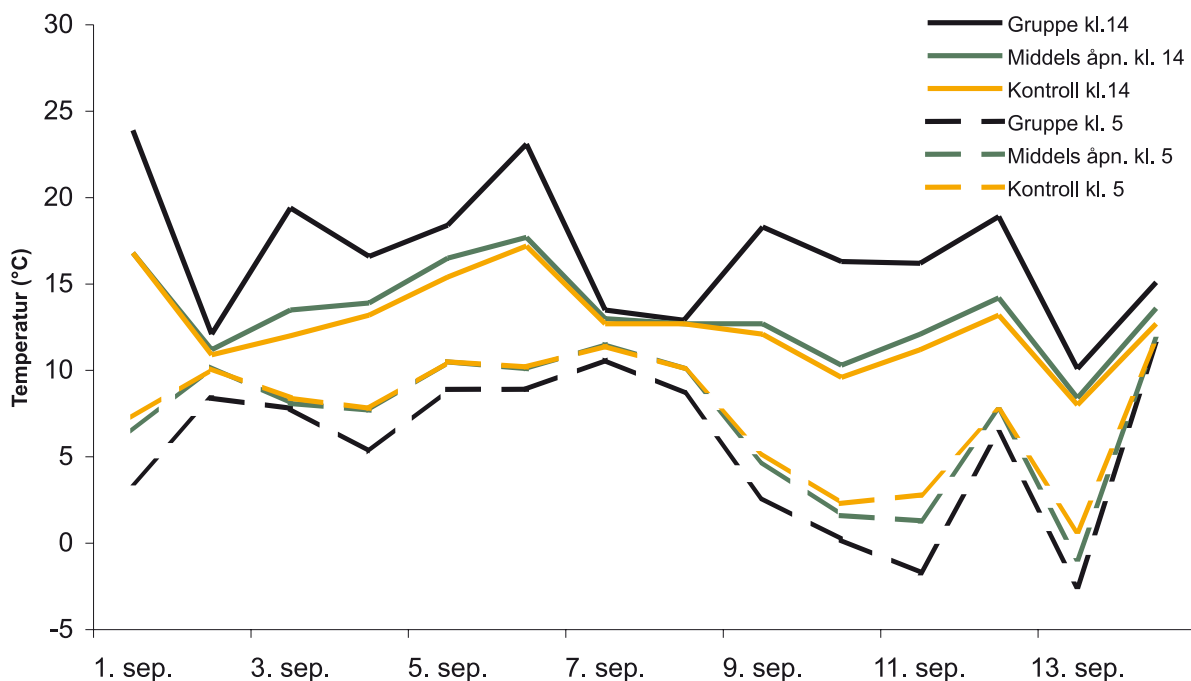
Tabell 2. Temperaturer i forsøksfeltene i Nord-Odal og Romedal 2005. Temperaturene ble registrert hver time fra 6. juni-30. september (n = 2808). Standardavvik i parenteser.

Felt	Åpning	Lufttemperaturer 20 cm over bakken (°C)			Jordtemperaturer 5 cm ned i mineraljorda (°C)		
		Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum
N-Odal	Gruppehogst	12,7 (5,3)	-1,0	33,4	12,0 (2,4)	5,8	18,1
	Stor åpning	12,3 (5,1)	-1,2	31,3	11,3 (1,8)	6,8	15,7
	Middels åpn.	12,5 (4,8)	-0,3	30,7	11,6 (2,0)	6,4	17,1
	Liten åpn.	12,2 (4,5)	0,4	29,3	10,3 (1,6)	5,5	13,9
	Kontroll	12,1 (4,2)	0,8	26,9	9,9 (1,8)	4,9	14,5
Romedal	Gruppehogst	12,2 (6,5)	<-4,9*	34,0	10,6 (1,7)	5,8	14,2
	Stor åpning	11,6 (5,5)	-4,1	32,3	11,0 (2,3)	4,9	17,1
	Middels åpn.	11,9 (5,1)	-2,5	30,6	10,2 (1,7)	5,8	14,2
	Liten åpn.	11,9 (4,9)	-2,6	29,1	10,2 (1,7)	5,0	14,5
	Kontroll	11,5 (4,4)	-1,7	27,6	8,9 (1,4)	4,6	11,7

*Laveste temperatur loggerne kunne registrere var -4,9 °C.

En skjerm av trær vil dempe både innstrålingen av sollys på dagtid og utstrålingen av langbølget stråling fra jorda om natten. Denne skjermeffekten blir gradvis mindre jo større åpningene i kronedekket er. Særlig på klare dager vår og høst kan fluktuationen mellom natt- og dagtemperaturer bli store på en åpen flate. Dette er illustrert i figur 2, som viser lufttemperaturer kl. 14 (det varmeste tidspunktet på dagen) og kl. 05 (det kjøligste tidspunktet) i Romedal, målt i tre forskjellige åpninger i en 14-dagers periode på høsten. Temperaturene i gruppehogsten var høyere på dagtid, men samtidig lavere på nattetid enn i de mer skjermede behandlingene. På en hogstflate ville forskjellene ha vært enda tydeligere (Man og Lieffers 1999).

At hogsten har høynet gjennomsnittstemperaturen noe i både jord og luft er positivt for småplantenes vekst, både i røtter og skudd. Store fluktuationer og for høye eller lave ekstremverdier kan imidlertid virke negativt, for eksempel i forhold til frostskafer, oppfrost eller tørke. De målte maksimumstemperaturene i gruppehogstene er ikke så høye at de er direkte skadelige for plantene, men høye temperaturer kan medvirke til tørkestress (Bjør 1965, 1971). Minimumstemperaturene er ikke målt på den kaldeste tiden av året, men forteller likevel at temperaturforskjellene kan være store mellom åpninger og lukket skog en kald vår- eller høstdag. Det kan ha implikasjoner i forhold til frostskafer og oppfrost på utsatte steder.



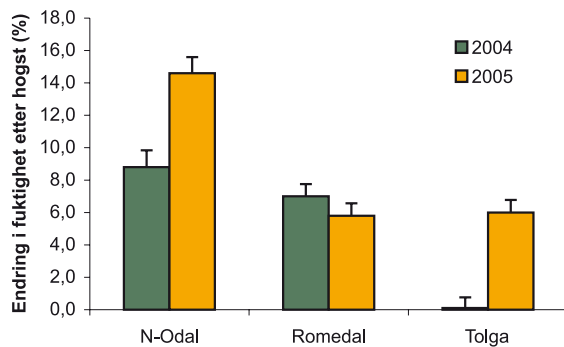
Figur 2. Lufttemperaturer kl. 14.00 (heltrukne linjer) og kl. 05.00 (prikkete linjer) i gruppehogst (svart), middels stor åpning (grønn) og i kontrollrute uten hogst (oransje) på feltet i Romedal 1.-14. september 2005.

Jordfuktighet

Fuktigheten i jorda ble sammenliknet før og etter hogst, sett i forhold til fuktigheten i kontrollrutene. To trender var tydelige: den første var at fuktigheten i de tilfeldig utvalgte punktene var noe høyere enn målt rett ved siden av plantene. Forskjellen varierte fra 1 til 9 prosent i gjennomsnitt for felt og år. Dette kan skyldes intersepsjon, og at småplantene har et aktivt vannopptak som påvirker vanninnholdet i jorda. Videre var det en signifikant økning i jordfuktigheten etter hogst, for alle tre felt og for både 2004 og 2005 (figur 3). Unntaket var for Tolga i 2004, da

det ikke ble funnet noen forskjell i fuktighet i forhold til i 2003. For de andre årene og stedene gikk fuktigheten opp med 6 til 15 % etter hogst.

Fuktigheten har altså økt etter hogsten, som følge av mindre rotkonkurranse fra større trær. Dette er positivt for foryngelsen, både for vekst og overlevelse hos forhåndsforyngelsen og for etablering av nye spireplanter. Fuktigheten ble målt de to første sesongene etter hogsten, og denne effekten forsvinner etter hvert som kraftigere bunnvegetasjon (gras, urter og lyng) etablerer seg på feltene.



Figur 3. Endring i jordfuktighet (volumetrisk vanninnhold) fra 2003 til henholdsvis 2004 og 2005 (etter hogst). Vertikale streker angir standardavviket. Målingene er foretatt i ca. 90 punkter i hvert bestand, både ved foryngelse og i faste punkter.

Etterord

Dette arbeidet ble finansiert gjennom Norges forskningsråd, prosjekt 153738/140. Avdelingsingeniør Roald Brean har bistått i feltarbeidet. Takk til skogierne Erik Haug i Nord-Odal, Jakob og Arve Trøan i Tolga og Romedal allmenning for at de stilte sine eiendommer til disposisjon, og til Aksel Granhus ved INA/UMB for nyttige kommentarer til manuskriptet. En stor takk også til Kontus-prosjektet ved Trygve Øvergård i Glommen Skog BA, for godt samarbeid og mye praktisk hjelp underveis.

Abstract

Changes in stand microclimate after selective cuttings and group fellings were described. A selective cutting with two levels of removal (approx. 40 and 60 % of standing volume) and group fellings with diameters of 25 m were conducted in three uneven-aged stands in eastern Norway, two Norway spruce (*Picea abies*) stands and one Scots pine (*Pinus sylvestris*) stand. Both before and after cutting, light levels were measured with hemispherical photography, and the volumetric water content of the upper soil layers were measured. After cutting, temperatures at 5 cm depth in the mineral soil and 20 cm above ground were registered through the growing season. The selective cutting increased average light levels from 19 to 36 % of full light in the spruce stands and from 31 to 57 % in the pine stand. The light levels in the middle of the group fellings were around 70 %. In the spruce forests, the frequency distribution curve of measured light values was rather narrow and peaked before harvesting but wide and low afterwards, indicating that the selective cutting created a broad range of site

conditions below the canopy, most of them receiving enough light to sustain good seedling growth. For the pine forest, the light distribution curve kept a unimodal shape after cutting, but also here the cutting has resulted in sufficient light for pine seedling growth. Average air temperatures were quite similar between different gap sizes, but extreme temperatures were more common in the larger gaps and daily variation increased with gap size. The average soil temperature and soil water content increased after cutting compared to the uncut control.

Litteratur

- Bjor, K. (1965). Temperaturgradientens betydning for vannhusholdningen på skogsmark. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 20: 273–306.
- Bjor, K. (1971). Forstmeteorologiske, jordbunnsklimatiske og spireøkologiske undersøkelser. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 28: 429–526.
- Hanssen, K. H., Granhus, A. og Brean, R. (2007). Vitalitet, avgang og skader på foryngelsen ved en selektiv hogst. Forskning fra Skog og landskap 3/07 s. 11-16.
- Hanssen, K. H., Granhus, A., Brække, F. H. og Haveraaen, O. (2003). Performance of sown and naturally regenerated *P. abies* seedlings under different scarification and harvesting regimes. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 351–361.
- Kubin, E. og Kemppainen, L. (1991). Effect of clearcutting of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions. Acta Forestalia Fennica No. 225. 42 s.
- Langvall, O., Nilsson, U. og Örlander, G. (2001). Frost damage to planted Norway spruce seedlings – influence of site preparation and seedling type. Forest Ecology and Management 141 (3): 223–235.
- Man, R. Z. og Loeffers, V. J. (1999). Effects of shelterwood and site preparation on microclimate and establishment of white spruce seedlings in a boreal mixedwood forest. Forestry Chronicle 75 (5): 837–844.
- Roussel, L. (1948). Convert et photométrie. Bull. Soc. For. Franche-Compte 125: 313–326.
- Skoklefeld, S. (1989). Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflete. Rapport 6/89, 39 s. Norsk institutt for skogforskning.

OPPFROST AV GRANPLANTER: STØRST SKADER MED DYP MARKBEREDNING OG STORE HOGSTÅPNINGER¹

Michelle de Chantal¹, Kjersti Holt Hanssen², Aksel Granhus³, Urban Bergsten⁴, Mikael Ottosson Löfvenius⁴ og Harald Grip⁴

¹University of Helsinki, Finland, ²Norsk institutt for skog og landskap, Ås, ³Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås, ⁴Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå

Innledning

I boreal skog kan oppfrost føre til høy avgang av planter. Oppfrost skyldes iskrystaller som vokser nedenfra og oppover i jorda, og danner nåleis på jordoverflaten (figur 1). Denne prosessen finner sted når lufttemperaturen er noen få grader under frysepunktet samtidig som det er en jevn tilgang av vann til isoverflaten, noe som oftest er tilfelle i finkornet jord. Oppfrost skjer vanligvis når snølaget er tynt eller mangler (Goulet 1995, Bergsten et al. 2001). Ved oppfrost kan planter løftes helt eller delvis opp av jorda, særlig hvis de har et lite og grunt rotsystem. Andre ganger forblir plantene i jorda, men får avrevne røtter. I begge tilfeller blir opptaket av vann og næringsstoffer dårligere, og plantene dør eller får redusert vekst.



Figur 1. Nåleis formet i B-sjiktet på en av markberedningsflekene i Romedal, oktober 2004. Bak nåleisen skimtes toppen av en granplante som har blitt løftet opp av isen. Foto: Michelle de Chantal.

Ved hogst åpnes kronedekket slik at mer lys og varme slipper ned på bakken på dagtid. Samtidig blir jordfuktigheten generelt større i hogståpninger, særlig om høsten, og grunnvannspeilet heves (Pothier et al. 2003). I tillegg øker den nattlige langbøl-

gede utstrålingen av varme fra jorda, fordi trekro-nene, som vanligvis virker som et «telt» og demper denne utstrålingen, er borte. Dette medfører økt sannsynlighet for nattefrost, som sammen med den høyere jordfuktigheten gjør at risikoen for frost-heving blir større. Jo kraftigere hogstinngrepet er, desto større blir de mikroklimatiske endringene (Langvall og Ottosson Löfvenius 2002).

Et isolerende lag på jordoverflaten, enten det er snø, humus eller vegetasjon, kan redusere faren for oppfrost. Forsøk har vist at markberedning, som blir utført på foryngelsesfelt for å bedre forholdene for planting eller naturlig foryngelse, kan øke faren for oppfrost (de Chantal et al. 2003, 2006). Dette gjelder særlig for jordtyper med et høyt finkorninnhold.

Lukkede hogster blir utført i økende grad i Norge, for å skape eller bevare en mer variert struktur på skogen, og for å kunne benytte naturlig foryngelse. Hogstintensiteten kan variere fra uttak av enkelttrær til gruppe- eller småflatehogster. Fordi man vanligvis satser på bruk av naturlig foryngelse ved lukkede hogster, kan markberedning være et aktuelt hjelpetiltak. Vi ønsket å beskrive hvordan kombinasjonen av forskjellig hogst- og markberedningsintensitet påvirker faren for frostheving.

Materiale og metoder

Vi benyttet tre bestand med sjiktet furu- eller gran-skog i Tolga, Odal og Romedal (tabell 1). Bestandene ble hogd vinteren 2003–2004. Hogstformene var selektiv hogst, med uttak av enkelttrær eller smågrupper, og større gruppehogster. Vi brukte åpninger etter henholdsvis gruppehogst (ca. 500 m² eller 25 m i diameter, heretter kalt «store åpninger») og selektiv hogst (ca. 175 m², «små åpninger»), samt åpninger mellom trærne i urørt skog (ca. 20 m², «urørt»). I to åpninger av hver størrelse i hvert bestand ble det anlagt ruter på 40 × 40 cm

1 Dette er en oppsummering av artikkelen «Frost heaving damage to one-year old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size», som er tilgjengelig i Canadian Journal of Forest Research, 2007 (på engelsk). Gjengitt med tillatelse fra forlaget.

som ble markberedt for hånd. Markberedningen ble foretatt på tre måter: ved behandling H ble levende vegetasjon og strø fjernet slik at bare humuslaget var igjen, ved behandling E ble både vegetasjonen og humuslaget fjernet slik at det lyse utvaskingssjiktet (E-sjiktet) kom til syne, og ved behandling B ble også E-sjiktet fjernet slik at utfel-

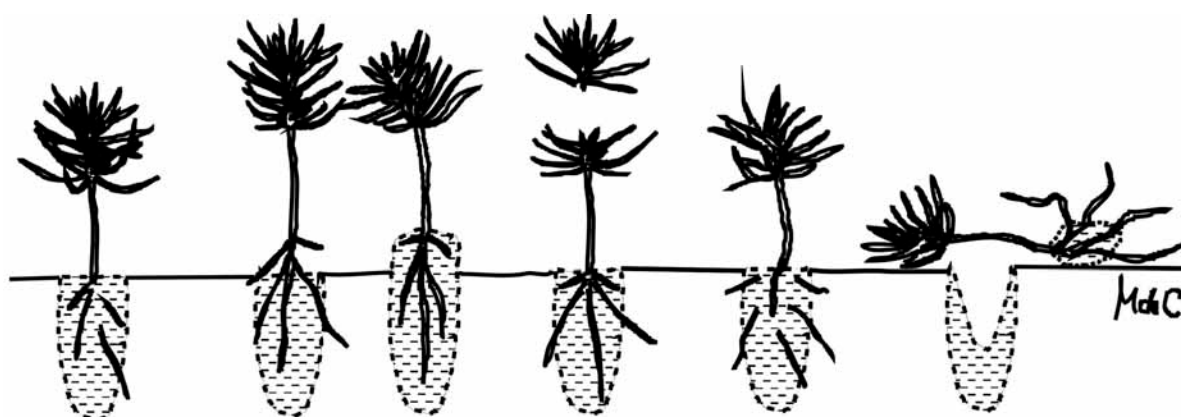
lingssjiktet (B-sjiktet) var øverst. Tykkelsen av sjiktene varierte fra 2 til 5 cm for H og fra 5 til 11 cm for E-sjiktet. I hver av de markberedte rutene ble det plantet fire granplanter, 648 til sammen. De ble sådd i pottebrett, og var fire uker gamle ved utplantingstidspunktet i juni 2004.

Tabell 1. Beskrivelse av forsøksfeltene, med kornfordeling (prosent tørrvekt ± standardfeil) i gjennomsnitt pr. felt og jordsjikt.

	Tolga		Odal		Romedal	
Koordinater	62°23'N, 10°67'Ø		60°31'N, 11°28'Ø		60°39'N, 11°35'Ø	
Høyde (m o.h.)	520		450		540	
Skogtype	Flersjiktet furuskog		Flersjiktet granskog		Flersjiktet granskog	
Vegetasjonstype	Bærlingskog		Blåbærskog med fuktige områder		Blåbærskog	
Jordtype	Podsol		Podsol med flekker av drenert torv		Podsol	
Jordtekstur	Siltig sand		Siltig sand		Sandig silt	
Normalnedbør (mm) 1961–1990	470 [†]		755*		755*	
Normaltemperatur (°C) 1961–1990	0.1 [†]		3.6*		3.6*	
Tretetthet pr. ha etter hogst (dbh >49 mm)	695		900		800	
	E-sjikt	B-sjikt	E-sjikt	B-sjikt	E-sjikt	B-sjikt
Leire (<2 µm)	4.1 ± 0.2	8.5 ± 0.4	2.4 ± 0.1	7.4 ± 0.7	9.2 ± 1.3	10.0 ± 1.0
Fin silt (2–20 µm)	15.8 ± 0.7	16.0 ± 0.6	15.1 ± 0.5	16.9 ± 0.9	53.9 ± 10.2	56.2 ± 9.6
Grov silt (20–60 µm)	19.2 ± 0.9	21.7 ± 0.5	26.9 ± 0.9	27.3 ± 0.5	19.4 ± 5.4	14.8 ± 2.8
Fin sand (60–200 µm)	27.1 ± 1.0	27.0 ± 0.5	31.5 ± 0.8	26.8 ± 0.8	11.9 ± 4.6	10.0 ± 3.8
Grov sand (200–2000 µm)	33.8 ± 1.9	26.9 ± 0.6	24.0 ± 1.3	21.7 ± 0.2	5.7 ± 3.7	9.0 ± 4.5

[†] Målt ved Tolga meteorologiske stasjon – 62°42'N, 11°00'Ø, 565 m o.h.

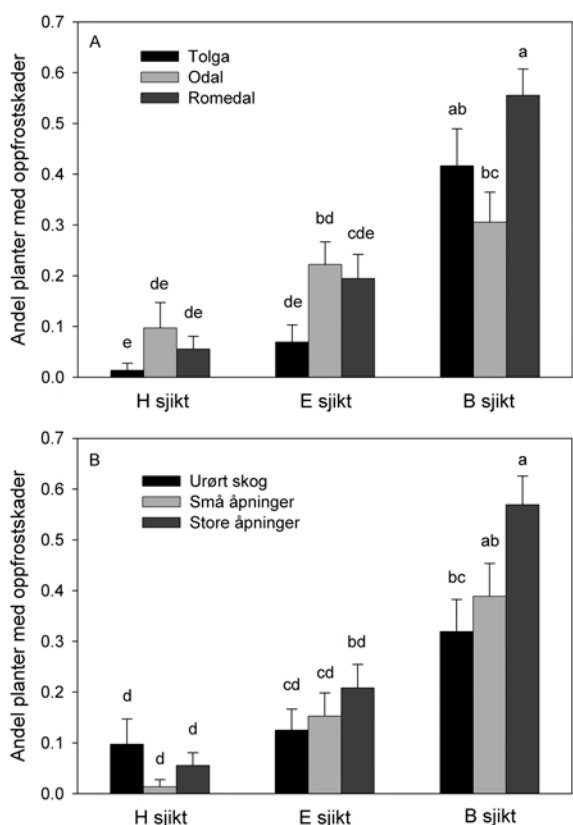
* Målt ved Nord-Odal meteorologiske stasjon – 60°38'N, 11°55'Ø, 150 m o.h.



1) Dårlig forankring 2) Eksponerte røtter 3) Avrevet topp 4) Avrevne røtter 5) Planten løftet opp av jorda

Figur 2. Inndeling i skadeklasser etter oppfrost. Tegning: Michelle de Chantal.

Frostheving av jorda ble registrert høsten 2004, for å observere hvis og eventuelt når oppfrosen fant sted. Skader på plantene ble registrert i juni 2005, i henhold til klassene som er vist i tabell 2. De første fem skadetyperne kan med sikkerhet relateres til oppfrost (figur 2). Planter i skadeklasse 1–3 hadde varierende vitalitet, mens planter i klassene 4 og 5 var døde ved inventeringstidspunktet. Avrevne toppler hadde ingen tegn etter soppskader, og flere av dem ble funnet på toppen av nåleisen i løpet av høsten, slik at vi var sikre på at dette også var en skade etter oppfrost. Uttørrede småplanter kan være en konsekvens av avrevne røtter, men plantene kan også ha tørket ut av andre årsaker. Disse ble derfor ikke telt med når skadeomfanget etter oppfrost ble regnet ut. Noen planter hadde flere typer skader. En mer detaljert beskrivelse av forsøksopplegget og registreringene finnes i artikkelen av de Chantal et al. (2007).



Figur 3. Andel småplanter med oppfrostskaeder (\pm standardfeil), A) etter sted og jordsjikt og B) etter størrelse på åpningen og jordsjikt. Forskjellige bokstaver indikerer statistisk signifikante forskjeller ($p < 0.05$) mellom stolpene.

Resultater og diskusjon

Resultatene viste tydelig at plantene var mer utsatt for oppfrostskaeder når de ble plantet i B-sjiktet enn i E- og spesielt H-sjiktet (figur 3 og tabell 2). Med andre ord ble oppfrosen kraftigere jo dypere ned markberedningen gikk. B-sjiktet inneholdt en større andel leirpartikler enn E-sjiktet (tabell 1), noe som kan være med å forklare hvorfor oppfrosen var kraftigere her. Til sammen fikk 5 % av plantene skader etter oppfrost i H-sjiktet, 20 % i E-sjiktet og 45 % i B-sjiktet. Ingen avgang ble registrert i H-sjiktet, mens det i E- og B-sjiktet ble registrert henholdsvis 1 og 8 % avgang. Det er tydelig at humuslaget har virket isolerende, slik at småplantene i H-sjiktet har fått svært lite skader.

Selv om jorda i Romedal hadde et høyere innhold av finpartikler enn jorda på de to andre stedene (tabell 1), var det ikke store forskjeller i oppfrostskaeder mellom bestandene, med unntak for B-sjiktet (figur 3a). Hvis vi ser bort fra at lokale variasjoner med hensyn til temperatur- og snøforhold kan ha påvirket resultatene, virker det derfor som om partikkelstørrelse ikke var den mest avgjørende faktoren for graden av frostheving.

I store åpninger var skadene større enn i små åpninger og urørt skog, særlig i kombinasjon med markberedning som eksponerte B-sjiktet i jorda (figur 3b). I gjennomsnitt var 30 % av småplantene i de store åpningene skadet, sammenliknet med 20 % i små åpninger og 19 % i urørt skog. Avgangen var 4 % i store åpninger og 2 % for både små åpninger og urørt skog.

De mest vanlige skadene etter oppfrost var eksponerte røtter og planter med dårlig forankring (tabell 2). Disse skadetyperne var dobbelt så vanlige i B-sjiktet som i E-sjiktet, og praktisk talt fraværende i H-sjiktet. Også døde småplanter som hadde blitt løftet helt opp av jorda eller fått avrevne røtter, var mest vanlig i B-sjiktet, særlig i store åpninger.

Både dypere markberedning og store åpninger etter hogsten økte altså oppfrostskaedene. Selv om begge faktorer var viktige, hadde markberedningsintensiteten større effekt enn hogststørrelsen. Konklusjonen blir derfor at dyp markberedning bør unngås på fuktige og finstoffrike jordtyper, særlig i kombinasjon med kraftige hogstingrep. Når markberedning er nødvendig i slike områder, bør den begrenses til avflekking av vegetasjonen og eventuelt humuslaget ved å bruke grunn flekkmarkberedning.

Tabell 2. Plantenes fordeling på skadeklasser (%) etter jordsjikt og størrelse på åpninger.

	H-sjiktet			E-sjiktet			B-sjiktet		
	Urørt skog	Små åpninger	Store åpninger	Urørt skog	Små åpninger	Store åpninger	Urørt skog	Små åpninger	Store åpninger
Oppfrostskader:									
i) Skadde småplanter:									
Dårlig forankring	1	0	0	4	7	7	14	23	32
Eksponeerte røtter	1	0	0	9	7	13	12	8	11
Avrevet topp	7	1	6	3	1	5	1	5	5
Skadde totalt	9	1	6	16	15	25	27	36	48
ii) Døde småplanter:									
Avrevne røtter	0	0	0	0	0	0	3	3	0
Planten løftet opp av jorda	0	0	0	0	1	1	3	3	11
Døde totalt	0	0	0	0	1	1	6	6	11
Skadde + døde totalt	9	1	6	16	16	26	33	42	59
Andre skadeklasser:									
Uttørring	9	7	7	13	4	8	7	3	8
Planten borte	7	4	10	4	4	11	5	4	5
Ingen skader	75	88	78	68	76	54	55	52	28

Etterord

Dette arbeidet ble finansiert av the Academy of Finland, NorFa og Norges forskningsråd (prosjekt 153738/140). Vi takker skogeierne, Dr. Hannu Rita for råd om statistikken, Mette og Erling Semmingsen (Tolga) og Kristine og Erik Haug (N-Odal) for losji under feltarbeidet, og Trygve Øvergård i Glommen Skog BA for god hjelp underveis.

Abstract

We describe first winter frost heaving damage to *Picea abies* (L.) Karst. seedlings planted in gaps made by group fellings (large circular gaps, ca. 500 m²) and single-tree selection cuttings (small irregularly-shaped gaps, ca. 175 m²), as well as in uncut forest. One-month-old seedlings were planted on manually exposed H, E, and B horizons that emulated various intensities and depths of scarification. The three experimental sites were located in multi-storied *Pinus sylvestris* L. or *P. abies* forests on sandy loam or silt loam in SE Norway. Altogether, 5 % of seedlings sustained frost heaving damage on H horizon, compared to 20 % on E horizon and 45 % on B horizon. On average, 31 % of seedlings in large gaps incurred frost heaving damage compared to 20 % in small gaps and 19 % in uncut forest. Exposed roots and poorly anchored or uplifted seedlings were recurring classes of damage, especially on B horizon and in large gaps. Therefore, to reduce the risk of frost heaving damage, shallow soil preparation and smaller gap sizes should be used.

Litteratur

- Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. og Ottosson Löfvenius, M. 2001. Frost heaving in a boreal soil in relation to soil scarification and snow cover. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1084–1092.
- de Chantal, M., Leinonen, K., Ilvesniemi, H. og Westman, C.J. 2003. Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 931–945.
- de Chantal, M., Rita, H., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. og Grip, H. 2006. Effects of soil properties and soil disturbance on frost heaving of mineral soil: a laboratory experiment. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 2885–2893.
- de Chantal, M., Hanssen, K. H., Granhus, A., Bergsten, U., Ottosson Löfvenius, M. og Grip, H. 2007. Frost heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. Accepted, *Canadian Journal of Forest Research* 37.
- Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: A review. *New Forests* 9: 67–94.
- Langvall, O. og Ottosson Löfvenius, M. 2002. Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. *Forest Ecology and Management* 168: 149–161.
- Pothier, D., Prévost, M. og Auger, I. 2003. Using the shelterwood method to mitigate water table rise after forest harvesting. *Forest Ecology and Management* 179: 573–583.

NATURLIG FORYNGELSE 11 ÅR ETTER LUKKET HOGST I BLÅBÆRGRANSKOG

Aksel Granhus¹, Kjersti Holt Hanssen² og Kjell Andreassen²

¹) Institutt for Naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Postboks 5003, 1432 Ås

²) Norsk institutt for skog og landskap, Ås

Innledning

Alternative skogskjøtselmetoder til snauhogst og planting har blitt omfattet med økende interesse de siste årene, og i den senere tid har man også satset sterkere på å vurdere de økonomiske sider ved de nye metodene (Lexerød 2001). De økonomiske og produksjonsmessige sider ved alternative skjøtselformer har vært diskutert lenge og kommer nok ikke til å være ferdig debattert med det første. Likevel, uavhengig av om inntektene ved alternative skjøtselformer blir lavere eller høyere enn inntektene ved bestandsskogbruk, vil andre forhold enn tømmerinntektene også ha betydning for valg av skogbehandlingsmetode. Et eksempel på dette er betydningen av å ha en noenlunde kontinuerlig skogstruktur i by- og tettstedsnære rekreasjonsområder og på skogarealer knyttet til hytteområder og turisme. Et annet eksempel er randsonen til nøkkelbiotoper og viktige verneområder, hvor en tilpasning av skogskjøtselen med bruk av ulike typer lukkede hogster, naturlig foryngelse og mindre hogstflater kan være aktuelt. For å kunne gjøre et best mulig valg i slike tilfeller trengs kunnskap om bestandsutvikling og etablering av gjenvekst med ulike foryngelsesmetoder og etter ulike typer hogstingrep.

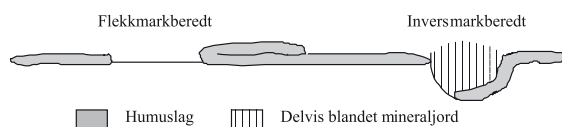
I perioden 1993–95 etablerte daværende Institutt for skogfag (nå INA-UMB) og Norsk institutt for skogforskning (nå Norsk institutt for skog og landskap) i samarbeid en serie forsøksfelter hvor ulike former for lukkede hogster ble kombinert med forskjellige tiltak (markberedning, planting og naturlig gjenvekst) for å etablere ny foryngelse. Disse forsøkene ble revidert på nytt i regi av Nyskog-prosjektet høsten 2005. Resultater som omhandler naturlig foryngelse er sammenstilt her, mens plantingsforsøkene i den samme forsøksserien er omtalt i en separat artikkel i denne rapporten (Granhus & Fjeld 2007).

Materiale og metoder

Forsøksfeltene er lokalisert i området Ringkollen – Høgåsen i Ringerike kommune, i sjiktet granskog ca. 600 m.o.h. (tabell 1). Følgende hogstbehandlinger, med nummer i parentes, ble etablert vinteren 1994–95: urørt kontroll (1), bledningspreget hogst med henholdsvis 25 (2), 45 (3) og 65 % (4) uttak av grunnflaten, tre småflater à 25 x 25 m (5) og en noe større småflate à 50 x 50 m (6). Hogstbehandlingene 2–4 ble igjen inndelt i mindre ruter for ulik markberedning: Flekkmarkberedning (i), markberedning med inversmetoden (ii) og ingen markberedning (iii) (figur 1). De samme markberedningsalternativene ble også testet på de minste småflatene (5), med en metode for hver av de tre enhetene. Den største flata (6) ble i sin helhet markberedt, med flekkmarkberedning og inversmarkberedning på atskilte ruter, og mangler dermed alternativet «ikke markberedt». Markberedningen ble utført med gravemaskin høsten 1995, med unntak av kontrollen (1), hvor det ikke er utført aktive foryngelsestiltak. Halvparten av arealet innen de ulike markberedningsalternativene på hogstbehandlingene 2–6 ble tilplantet i juni 1996, mens resten ble lagt ut for å studere etablering av naturlig gjenvekst med og uten markberedning.

Et godt frøår inntraff i 1995 og mange planter spirte derfor i 1996, første året etter at det ble markberedt. Telling av naturlig granforyngelse på hogstbehandlingene 2–6 ble utført om høsten i 1996, 1997, 2001 og sist i 2005. Antall planter i ikke markberedte ruter ble talt opp i mindre sirkelflater (1 m²) til og med 2001, og i sirkelflater à 4 m² høsten 2005 (15–20 sirkelflater per hogstbehandling). I 2005 ble det også foretatt en tilsvarende telling på den urørte kontrollruta (1). Naturforyngelsen i et tilsvarende antall markberedningsflekker ble talt opp ved de samme revisjonene. Det opprinnelige arealet av blottlagt mineraljord var ikke forskjellig etter henholdsvis flekk- og inversmarkberedning (gjennomsnitt ca. 0,3 m²), men med førstnevnte metode ble også foryngelse som hadde spirt i humusvelta (figur 1) talt med. Ved revisjonen

høsten 2005 ble det også foretatt telling av furu, bjørk og rogn, som var de eneste andre treslag som ble funnet. Høyden til høyeste plante av hvert treslag ble registrert innen hver sirkelflate og markberedningsfleck. Siden det ikke var mulig å aldersbestemme foryngelse av bjørk og rogn, vil antallet som ble registrert av disse treslagene i 2005 også inkludere en ukjent andel planter som var etablert før hogsten (forhåndsforyngelse).



Figur 1. Prinsippskisse – markberedningsmetoder.

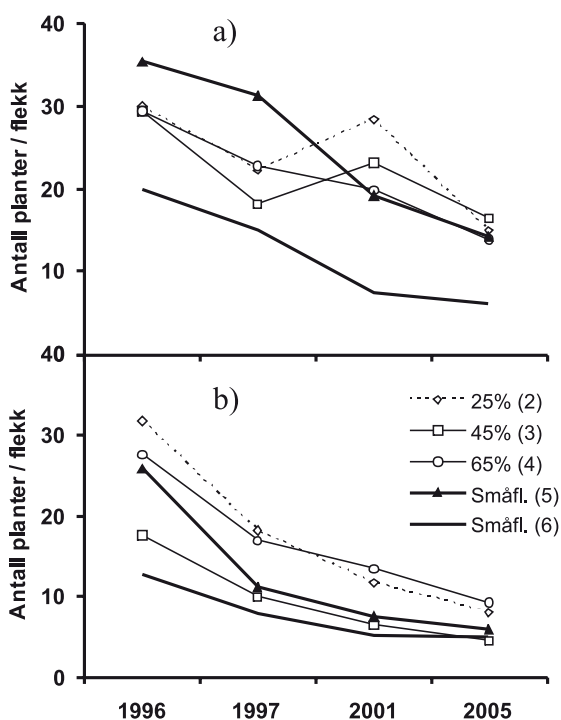
Det ble opprinnelig (1994) lagt ut tre gjentak av de ulike behandlingene i det aktuelle forsøksområdet. Ett av gjentakene har senere blitt ødelagt i forbindelse med ordinær hogst i et nabobestand, og ble derfor utelatt ved revisjonen i 2005. Denne artikkelen beskriver foryngelsesresultatet på de to gjentakene som fremdeles var intakte, 11 år etter forsøkets etablering. Bortfallet av ett av de opprinnelige gjentakene hindrer vidtgående statistiske evalueringer av resultatene, som dermed må vurderes som mindre sikre enn de ville ha vært med et større grunnlagsmateriale. Resultater som dekker de første seks årene etter hogsten for de opprinnelige tre gjentakene er tidligere publisert av Hanssen et al. (2003).

Resultater og diskusjon

På vegetasjonstypen blåbærskog vil spireforholdene ofte være ugunstige på grunn av et relativt kraftig råhumuslag. I dette forsøket inntraff et svært godt frøår for gran året etter hogsten, men på tross av dette er foryngelsen ved siste revisjon fremdeles utilfredsstillende når det ikke ble markberedt (tabell 2). Andelen sirkelflater uten granforyngelse var svært høy både på kontrollruta (1) og på bledningsrutene med svak (2) og middels uttak (3). Tilslaget av naturforyngelse på rutene med høyt hogstuttak (4) og småflatehogst (5) var noe bedre, med henholdsvis 43 og 33 % nullruiter. Det er likevel klart at markberedning har vært en forutsetning for å oppnå en tilfredsstillende gjenvekst også her.

Det gjennomsnittlige antallet granplanter var, med unntak av de største flatene (6), betydelig høyere etter flekkmarkberedning sammenlignet med

inversmetoden (figur 2). Samtidig har flere nye planter kommet til etter senere frøår ved flekkmarkberedning, særlig etter frøåret i 1998 som ga en del spireplanter i 1999. Dette er tydeligst etter de svakeste hogstingrepene der beskygningen fra restbestanden har forsinket gjengroingen i markberedningsfleckene mest (Hanssen et al. 2003). På tross av at gjengroingen generelt går saktere i inversfleckene, har dette ikke gitt seg utslag i et tilsvarende økt tilslag av ny naturforyngelse fra senere frøår. Dette kan sannsynligvis tilskrives en høyere sannsynlighet for overflateuttørking i inversfleckene (Örlander et al. 1998), og dermed generelt dårligere spirebetingelser. Frøfallet på de ulike hogstbehandlingene er ikke registrert, men det er rimelig å anta at mindre tilgang på frø også har bidratt til at antallet granplanter i markberedningsfleckene på de største flatene (6) har vært relativt lavt gjennom hele foryngelsesperioden (Hesselman 1938).



Figur 2. Planteantall i markberedningsfleckene (a = flekkmarkberedning; b = inversmarkberedning) ved de ulike revisjoner i perioden 1996–2005, gruppert etter hogstbehandling (se nærmere forklaring i tabell 3).

Tabell 1. Bestandsdata før hogst (Andreassen 1998).

Gjentak	H.o.h (m)	Bonitet (H ₄₀)	Trær ha ⁻¹	Grunnflate (m ² ha ⁻¹)	Volum o. b. (m ³ ha ⁻¹)	H _L (m)	D _g (cm)
Høgåsen I (R1)	590	9,7	1209	30	199	14,9	17,8
Kolltjern (R3)	620	8,7	974	28	206	16,6	19,1

Tabell 2. Nullruteprosent (andel sirkelflater à 4 m² uten planter) på ruter uten markberedning. Gjennomsnitt av to gjentak fordelt på treslag. Hogstbehandling 1–5*.

	Urørt kontroll (1)	25 % uttak (2)	45 % uttak (3)	65 % uttak (4)	Småflate 25 x 25 m (5)
Gran	78	68	90	43	33
Furu	100	100	100	100	97
Bjørk	100	100	97	90	77
Rogn	58	53	57	43	53

*1= urørt skog; 2–4 = bledningspreget hogst med 25–65 % uttak av grunnflaten; 5 = småflate à 25 x 25.

Andelen markberedningsflekker helt uten granforyngelse var høyest etter inversmarkberedning på hogstbehandling 3, 5 og 6, og etter flekkmarkberedning på hogstbehandling 6 (tabell 3). Dette mønsteret gjenspeiler det gjennomsnittlige planteantallet per flekk som også var lavest på de samme behandlingene. Ved revisjonen høsten 2001 (Hanssen et al. 2003) ble det observert en enda høyere andel tomme inversflekker på de største småflatene (6). I den undersøkelsen ble det imidlertid kun sett på foryngelse som spirte det første året etter markberedningen (1996), og det var mest tomme flekker i gjentak som ikke var intakt ved siste revisjon. Dette gjentak i sørvendt helling, og inversflekkene kan der ha vært mer utsatt for overflateuttørking. Avgang som skyldes oppfrost eller erosjon er også observert hyppigere med inversmetoden på våre felter. Ved flekkmarkberedning vil strukturen i mineraljorda forstyrres mindre. Dette gir stabile fuktighetsforhold som sannsynligvis er en viktig årsak til at flekkmarkberedning har gitt flere planter per flekk. Sistnevnte metode har også hatt gunstigst effekt på foryngelsens høydevekst (figur 3). Selv om inversmetoden totalt sett har gitt noe dårligere etablering i dette forsøket, vil metoden under vanlige forhold på fastmark gi meget god etablering ved planting (Örlander et al. 1998; Hallsby & Örlander 2004), noe også resultater fra disse forsøksfeltene bekrefter (Granhus et al. 2003; se også Granhus & Fjeld 2007 i denne rapporten).

På rutene med svake hogstingrep og som ikke ble markberedt var innslaget av foryngelse av andre treslag enn gran ubetydelig, med unntak av rogn som forekom med noenlunde samme hyppighet i de ulike hogstbehandlingene (tabell 2). Det meste av rogn var imidlertid beitet hardt, slik at planter høyere enn 30–40 cm bare unntaksvis ble funnet (tabell 4). Markberedning økte innslaget av bjørk ved de svakere hogstingrepene, men disse plantene vil neppe kunne forventes å ha utviklingsmuligheter med den begrensede lystilgangen disse forsiktede hogstingrepene gir. Også etter de sterkere hogstene (5, 6) var innslaget av bjørk beskjedent, men en del av bjørkeplantene er her mer vitale slik at det vil være realistisk å oppnå noe lauvtreinnblanding i fremtidsskogen. Antallet furuplanter var lavt også på de markberedte rutene (tabell 3). I de aktuelle bestandene forekommer kun få spredte større furutrær, så frøtilgangen må antas å være begrensende. Både bjørk og furu er relativt lyskrevende treslag, og det er tydelig at de lukkede hogstene ikke har fremmet etableringen av disse artene.

De svakere hogstuttakene (2, 3) har opprettholdt et miljø med lav lystilgang og høy rotkonkurranse fra de større trærne, og granforyngelsen er holdt kraftig tilbake i utvikling (figur 3). Ved sterkere uttak (4), hvor grunnflaten like etter hogst i dette tilfellet var på drøyt 10 m² per hektar, er situasjonen bedre og det bør fremdeles være mulig å opprettholde rimelig god vitalitet i foryngelsen selv om de større trærne overholdes videre. Her vil det etter alt å dømme også være mulig å fristille foryngelsen umiddelbart i en omgang, dersom dette er et mål. Noe skader og avgang må imidlertid påregnes (Granhus & Fjeld 2003).

Tabell 3. Andel (%) markberedningsflekker uten planter. Gjennomsnitt av to gjentak fordelt på treslag. Hogstbehandling 2–6*.

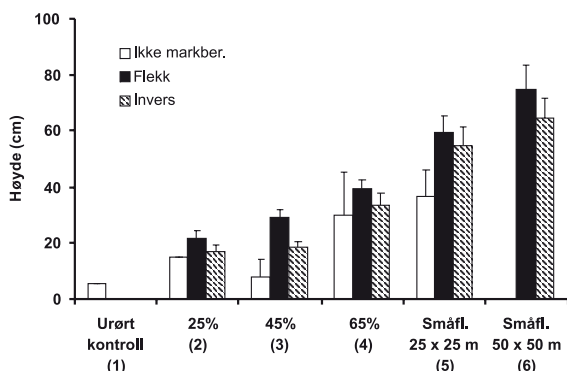
	25 % uttak (2)		45 % uttak (3)		65 % uttak (4)		Småflate 25 x 25 m (5)		Småflate 50 x 50 m (6)	
	Flekk	Invers	Flekk	Invers	Flekk	Invers	Flekk	Invers	Flekk	Invers
Gran	0	13	0	22	4	4	0	22	17	17
Furu	96	100	100	100	100	100	97	94	97	97
Bjørk	83	91	50	87	82	73	86	63	80	67
Rogn	70	91	73	91	96	77	72	81	93	87

*2–4 = bledningspreget hogst med 25–65 % uttak av grunnflaten; 5–6 = småflater à 25 x 25 m og 50 x 50 m.

Tabell 4. Høyde for største plante uten markberedning (i sirkelflater à 4 m²), og i markberedningsflekker (flekk- og inversmarkberedning er slått sammen), gruppert etter hogstbehandling (se forklaring i tabell 3).

	Urørt kontroll (1)	25 % uttak (2)		45 % uttak (3)		65 % uttak (4)		Småflate 25 x 25 m (5)		Småflate 50 x 50 m (6)
	Ikke markb.	Ikke markb.	Markb.	Ikke markb.	Markb.	Ikke markb.	Markb.	Ikke markb.	Markb.	Markb.
Furu			14 ^{a)}	---	---	---	---	40 ^{a)}	28 ^{a)}	52 ^{a)}
Bjørk			24	55 ^{a)}	36	66 ^{a)}	29	43	42	46
Rogn	21	12	15	19	22	23	23	39	25	23

a) Gjennomsnitt av 1–3 planter. Øvrige middeltall er basert på >5 observasjoner.



Figur 3. Høyde (+ standardfeil) for høyeste granplante i sirkelflater (ikke markberedt) og markberedningsflekker, gruppert etter hogstbehandling (se nærmere forklaring i tabell 3).

Siden et godt frøår gav rikelig med spireplanter i markberedningsflekke alle år som det ble plantet viser dette forsøket også hvor mye ventetiden øker dersom man i stedet for planting velger å forynge skogen naturlig etter markberedning. Dersom man tar de største småflatene (6) som eksempel, var naturforyngelsen 70 cm høy i 2005 (gjennomsnitt for flekk- og inversmarkberedning). Dette er nesten lik middelhøyden til kulturplantene i 2001 på 66 cm slik at tidstapet ved naturlig foryngelse i dette gunstige tilfellet med frøår

året etter hogsten blir i underkant av 4 år. På ruter med svakt bledningsuttak (2) er derimot naturforyngelsen fremdeles bare marginalt høyere enn det kulturplantene var ved plantetidspunktet 10 år tidligere.

Etterord

Etableringen av forsøksfeltene og senere revisjoner er finansiert av Norges forskningsråd (prosjektene 103484/110, 143487/110 og 153738/140), Borregaard AS Forskningsfond, og Nordisk Ministerråd gjennom SNS. Vi vil også takke skogeierne som har stilt arealer til disposisjon for forsøkene.

Abstract

Establishment of natural regeneration was examined along a gradient of harvest treatments in multi-layered spruce forest on bilberry woodland, 600 m a.s.l in SE Norway. The harvesting treatments were uncut control, uniform partial cuts with varying basal area removal (25, 45, and 65 %), and patch clear-cutting with patch size 25 x 25 m and 50 x 50 m, respectively. Two replications of the experiment were established during winter 1994–1995, and parts of the experimental area in all harvest treat-

ments except the control were treated with mechanical site preparation in autumn 1995. At the final revision 11 years after harvest (2005), the regeneration result was still poor on plots which had not been treated with mechanical site preparation, although the proportion of sample plots (4 m²) which lacked spruce regeneration tended to decrease with increasing harvest intensity. The height growth of the spruce seedlings improved with increasing harvest intensity. Of the two tested site preparation methods, patch scarification and inverting, the former gave the best result in terms of number of seedlings, and seedling height. Both site preparation methods have resulted in sufficient regeneration however, regardless of the harvest treatment. Among tree species other than spruce, rowan was the most common and its frequency of occurrence did not differ markedly among the harvest treatments. Most of the rowan seedlings were heavily browsed, however. With no prior site preparation, birch- and pine seedlings were only found after the highest harvest intensities, whereas site preparation facilitated the establishment of some birch and pine also at the lower harvest intensities.

Litteratur

- Andreassen, K. 1998. Description of the experimental series «Alternative forest management». Internt notat, NISK, Ås. 29 s.
- Granhus, A., Brække, F.H., Hanssen, K.H. & Have-raaen, O. 2003. Effects of partial cutting and scarification on planted *Picea abies* at mid-elevation sites in south-east Norway. Scand. J. For. Res. 18: 237–246.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2003. Mekaniske skader etter selektive foryngelseshogster i sjiktet gran-skog. Norsk skogbruk 9/03, s. 24–26.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2007. Planting etter lukkede hogster – tidsforbruk og biologisk resultat etter 10 år. Forskning fra skog og landskap 3: 33–38.
- Hallsby, G. & Örlander, G. 2004. A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. Forestry 77: 107–117.
- Hanssen K.H., Granhus A., Brække, F.H. & Have-raaen, O. 2003. Performance of sown and naturally regenerated *Picea abies* seedlings under different scarification and harvesting regimens. Scand. J. For. Res. 18: 351–361.
- Hesselman, H. 1938. Fortsatta studier över tallens och granens fröspridning samt kallhyggets besåning. Meddelanden från Statens Skogförsöksanstalt 31: 1–64.
- Lexerød, N. 2001. Alternative skogbehandlinger – produksjon, virkeskvalitet, driftsteknikk & økonomi. Aktuelt fra skogforskningen 4/01. 34 s.
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, F. & Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies*: 10-year results from a site preparation trial in northern Sweden. Scand. J. For. Res. 13: 160–168.

PLANTING ETTER LUKKET HOGST – TIDSFORBRUK OG BIOLOGISK RESULTAT

Aksel Granhus¹⁾ og Dag Fjeld²⁾

¹⁾ Institutt for Naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Postboks 5003, 1432 Ås

²⁾ Institutionen för skoglig ressurshushållning och geomatik, Sveriges lantbruksuniversitet, 901 83 Umeå, Sverige

Innledning

I de senere årene har interessen for lukkede hogster økt. I forbindelse med det nylig avsluttede KONTUS-prosjektet, i regi av skogeierforeningene Glommen og Mjøsen, har i særlig grad de selektive, bledningspregede variantene av lukkede hogster blitt mye omtalt. Ved slike hogsttinngrep, så vel som ved ordinær fjellskoghogst, skapes åpninger av varierende størrelse i produksjonsbestandet, som det kan være aktuelt å forynge ved planting dersom forholdene for naturlig gjenvækst er ugunstige. Et av målene i Nyskog-prosjektet har vært å vurdere effektiviteten av forynge- og plantingstiltak etter selektive

hogster, blant annet supplerende planting. En slik vurdering forutsetter kunnskap om forynge- og etablering og vekst, samt kostnadene forbundet med tiltaket. I denne artikkelen framlegges resultater fra en studie hvor tidsforbruk ved supplerende planting av toårige pluggplanter ble undersøkt for ulike uttaksstyrker av lukket hogst (tre styrker av bledningspreget hogst, samt småflatehogst). De ulike hogstbehandlingene ble kombinert med ulike markberedningsalternativ (ubehandlet, flekkmarkberedning, inversmarkberedning). Det biologiske resultatet (overlevelse, vekst) 10 år etter planting er videre sammenstilt for de ulike behandlingene.

Tabell 1. Forsøksfeltenes lokalisering fordelt på fylker (HE = Hedmark, OP = Oppland, BU = Buskerud), kommune og høyde over havet, og bestandsdata for ruter behandlet med bledningspreget hogst (2–4). Treantall og grunnflate er basert på en totalregistrering av alle trær med dbh>2,5 cm.

Gjentak	Fylke	Kommune	H.o.h	H ₄₀	Hogst-ledd	Trær ha ⁻¹ etter hogst	Grunnflate		
							Før hogst (m ² ha ⁻¹)	Etter hogst (m ² ha ⁻¹)	Avvirket (%)
Hof I (H1)	HE	Åsnes	450	14,4	2	1460	34	24	29
					3	1480	38	21	45
					4	1630	29	15	48
Hof II (H2)	HE	Åsnes	470	11,8	2	1060	32	21	34
					3	1120	45	22	51
					4	980	36	16	56
Hof III (H3)	HE	Åsnes	450	13,8	2	1680	37	21	43
					3	2030	33	20	39
					4	1190	28	14	50
Lindberget (L1)	HE	Åsnes	570	8,5	2	890	22	12	45
					3	1360	25	13	48
					4	1500	27	11	59
Kløvstad (K1)	OP	S. Land	430	11,7	2	2820	36	22	39
					3	2400	28	18	36
					4	1950	33	11	67
Engelien (E1)	OP	S. Land	510	13,4	2	1440	37	24	35
					3	950	39	19	51
					4	1460	27	13	52
Høgåsen I (R1)	BU	Ringerike	590	9,7	2	1020	32	21	34
					3	1060	27	18	33
					4	600	37	12	68
Høgåsen II (R2)	BU	Ringerike	570	11,4	2	910	29	19	34
					3	1010	26	16	38
					4	1070	23	11	52
Kolltjern (R3)	BU	Ringerike	620	8,7	2	1010	30	21	30
					3	380	35	17	51
					4	640	26	11	58

Materiale og metoder

Forsøksplan

Den komplette forsøksplanen (Andreassen 1998) omfatter seks hogstbehandlinger i flersjiktet gran-skog: urørt kontroll (1), tre styrker av bledningspreget hogst med henholdsvis 25 (2), 45 (3) og 65 % (4) uttak av grunnflaten, samt småflater à 25 x 25 (5) og 50 x 50 m (6). Innen de enkelte hogstbehandlinger testes tre markberedningsalternativ (ikke markberedning, flekkmarkberedning, invers-markberedning). Unntatt fra dette generelle opplegget er kontrollruta (1) hvor det ikke er utført foryngelsestiltak, og den største flata (6), som i sin helhet er markberedt. Disse leddene er ikke tatt med i denne presentasjonen, som dermed omfatter resultater fra hogstbehandlingene 2–5.

Til sammen ni gjentak av forsøksplanen ble etablert 450–620 m.o.h. i fylkene Hedmark, Oppland og Buskerud. Tabell 1 angir gjentakenes lokalisering på fylker og kommuner, samt bestandsdata for de selektivt hogde rutene (2–4). De biologiske resultater som presenteres omfatter syv gjentak i blåbærskog. Engalien i Oppland er utelukket da dette gjentaket er klassifisert som småbregneskog. Ved siste revisjon viste det seg også at ett av gjentakene i blåbærskog (Høgåsen II) var delvis ødelagt i forbindelse med ordinær hogst i tilstøtende bestand. Dette gjentaket er derfor utelukket her. Resultater som dekker perioden til og med sjette vekstsesong for de åtte opprinnelige gjentakene i blåbærskog er tidligere publisert av Granhus et al. (2003).

Forsøksfeltene i Hedmark og Oppland ble avvirket vinteren 1993–94, mens gjentakene i Buskerud ble etablert ett år senere. På forsøksleddene 2–4 (bledningspreget hogst) ble det benyttet 3,5–4 m brede stikkveier som ble lagt ut med 24 m avstand. Det teoretiske uttaket i stikkveiene utgjør dermed 14,6–16,7 % av grunnflaten før hogst. Oppmålingen like etter hogst på disse rutene viste at det gjennomgående var avvirket noe mer enn forsøksplanen foreskrev på rutene med lavest uttak (2), og noe mindre på rutene som skulle ha det høyeste uttaket (4).

Markberedningen ble utført med gravemaskiner (5–8 tonn, kranrekkevidde 6–7 m) første høsten etter hogst. Tennene på skuffa var fjernet og denne var i stedet påmontert et spesialtilpasset planeringsskjær (Fjeld 1994). Gravemaskinføreren ble instruert til å unngå markberedning nærmere enn 1–2,5 m fra forhåndsforyngelse og gjenstående større trær, avhengig av trærnes størrelse. I åpninger og på småflatene ble det tilstrebet en avstand

mellom markberedningspunktene på ca. 2 meter. En likelydende instruksjon med hensyn til minste avstand fra planteplasser til gjenstående trær, og planteforband, ble benyttet på rutene som ble tilplantet uten markberedning. Ved planting på markberedte ruter ble det kun plantet i de bearbejdede flekkene. Det ble benyttet toårige pluggplanter av gran (M95), og plantingene ble gjennomført i løpet av juni andre året etter hogst.

Tidsstudier

Plantingen på de seks gjentakene i Hedmark og Oppland ble utført av profesjonelle skogsarbeidere (en i hvert fylke). Basert på data fra tidsstudier på disse gjentakene er det utarbeidet funksjoner som gir hovedtid per plante ut fra plantetetthet per hektar og markberedningsmetode. Planteforholdene vurderes som representative for høyereleggende granskog østafjells. Samtlige gjentak ligger innenfor klassene 1–2 med hensyn til jevnhet og 1–3 for helling, etter et klassifiseringssystem (Anon. 1991) hvor klasse 1 representerer meget enkle forhold mens klasse 5 representerer svært vanskelige forhold.

Registrering av etablering og vekst

Plantenes overlevelse og høydeutvikling ble registrert etter første, andre, sjette og tiende vekstsesong. Registreringene ble foretatt på 13 tilfeldig valgte planter per smårute, med unntak av noen få småruter hvor det totale planteantallet var lavere. Ved den siste revisjonen ble også plantenes rothalsdiameter registrert.

Resultater

Antall planteplasser per hektar

Gjennomsnittlig tetthet av markberedte planteplasser per hektar varierte fra 670–800 etter bledningspreget hogst med lavt uttak (2) til i underkant av 2500 på småflatene (5) (tabell 2). Planteantallet på rutene som ikke var markberedt varierte til sammenligning fra ca. 1100 til 2100 per hektar. Den relative endringen i plantetetthet med økende gjenstående grunnflate var derfor betydelig lavere uten markberedning. Ved å sammenligne antall bearbejdede markberedningsflekker med antall planter som ble satt ut på de ikke markberedte rutene framgår det tydelig at den relative andelen av potensielle planteplasser som det var mulig å markberede ble betydelig redusert når hogstuttaket avtok.

Tabell 2. Antall markberedningsflekker og utsatte planter per hektar på henholdsvis markberedte og ikke markberedte ruter. Hogstbehandlingene er bledningspreget hogst med varierende uttak av grunnflaten (2–4) og småflatehogst (5). Gjennomsnittstall for seks forsøksfelt (gjentak) i Hedmark og Oppland.

	Hogstbehandling			
	25 % uttak (2)	45 % uttak (3)	65 % uttak (4)	Småflate (5)
Ikke markber.	1093	1375	1366	2096
Flekk	796	861	1278	2464
Invers	667	833	1144	2480

Tidsforbruk ved planting

Plantetiden per plante (hovedtid minus gangtid) ble ikke signifikant påvirket av de ulike hogstbehandlingene, mens markberedning hadde desto større effekt. Plantetiden ble halvert etter inversmarkberedning (gjennomsnitt 12,0 cmin), i forhold til planting uten markberedning (23,9 cmin). Plantetiden for flekkmarkberedning (15,6 cmin) var signifikant lengre enn for inversmetoden.

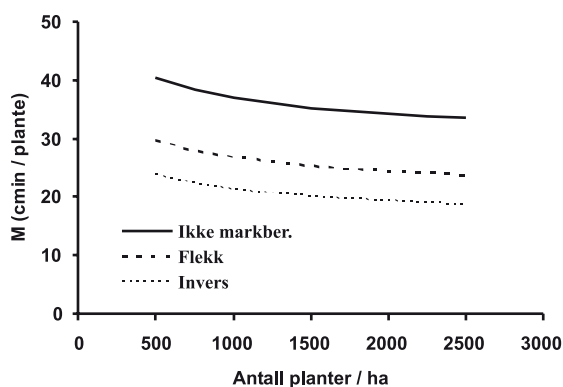
Gangtiden per plante økte fra 8,9 cmin ved planting på småflatene (5) til 10,8–12,1 cmin etter bled-

ningspreget hogst (2–4). Denne økningen gjenspeilet forskjellene med hensyn til antall utsatte planter per hektar og det er derfor utarbeidet regresjonsfunksjoner som beskriver gangtiden ut fra antall utsatte planter per hektar. Ved å legge til plantetiden for de ulike markberedningsmetodene som et konstantledd er det kommet fram til følgende funksjoner som beskriver sammenhengen mellom hovedtid (M) i cmin per plante, og antall utsatte planter per hektar:

$$M_{\text{ubehandlet}} = 23,9 + 128,908(X^{-0,33185}) \quad (\text{Funksjon 1})$$

$$M_{\text{flekk}} = 15,6 + 110,650(X^{-0,33185}) \quad (\text{Funksjon 2})$$

$$M_{\text{invers}} = 12,0 + 92,459(X^{-0,33185}) \quad (\text{Funksjon 3})$$



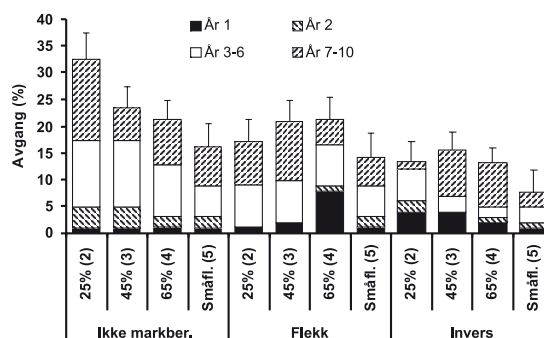
Figur 1. Hovedtid (M) per plante, i henhold til markberedningsmetode og antall utsatte planter per hektar (funksjon 1–3).

Antall utsatte planter per hektar er her representert ved parameteren X. Funksjonenes form er illustrert i figur 1.

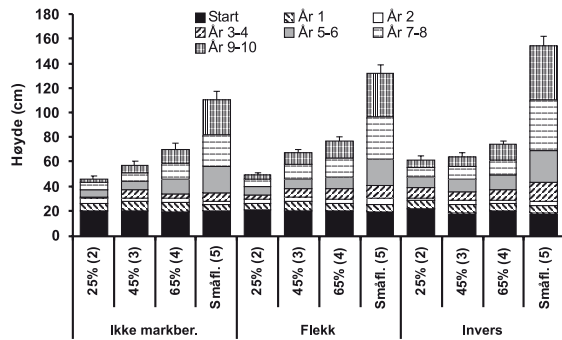
Overlevelse

Markberedning har hatt en positiv effekt på planteoverlevelsen etter 10 år, på tross av noe høyere avgang på de markberedte rutene det første året etter planting (fig. 2). Variansanalyse viste at invers-

markberedning har gitt en statistisk sikker økning i overlevelse i forhold til planting uten markberedning. Flekkmarkberedning lå mellom disse to ytterpunktene (fig. 2). Det er ikke funnet signifikant effekt av de ulike hogstbehandlingene, men planteavgangen har, når alle gjentakene vurderes samlet, vært lavest på småflatene.



Figur 2. Akkumulert planteavgang i prosent (+standardfeil, n = 7 gjentak) for de ulike hogstledd (se fig. 1) og markberedningsmetoder, til og med 10. vekstsesong etter planting.



Figur 3. Akkumulert høydevekst (+standardfeil, n =7 gjentak) for de ulike hogstledd (se fig. 1) og markberedningsmetoder, til og med 10. vekstsesong etter planting. Start = høyde ved utplantning.

Vekst

Plantenes høydevekst økte med økende styrke på hogstuttaket (fig. 3). Høydeutviklingen har gjennomgående blitt forbedret ved markberedning, særlig på småflatene. Av markberedningsmetodene er det igjen inversmetoden som har gitt best resultat, med signifikant større høydevekst sammenlignet med planting uten markberedning. Plantenes rothalsdiameter etter 10 år følger det samme mønsteret.

Diskusjon

Tidsforbruk ved planting

De ulike hogstformene som ble sammenlignet påvirket tidsforbruket kun gjennom en relativt moderat økning av gangtiden når antallet utsatte planter avtok. Hovedtiden per plante ble i langt større grad påvirket av om det var markberedt eller ikke, enn av hogstform og plantetetthet per hektar (fig. 1). Dette viser at det er mulig å variere plantetettheten innen relativt vide grenser, uten at produktiviteten senkes betydelig. Den betydelige reduksjonen av tidsforbruket etter markberedning samsvarer godt med tidligere tidsstudier av planting etter flatehogst (Strømnes 1986). Tidsforbruket som ble observert på småflatene er også sammenlignbart med tidligere undersøkelser etter flatehogst (Callin 1971, Hakkila 1973, Strømnes 1986). Tidsstudiene omfatter imidlertid et begrenset antall lokaliteter, og det ble kun benyttet to skogsarbeidere. Det advares derfor mot å generalisere resultatene.



Figur 4. Relativ arbeidsplasstid per hektar som funksjon av antall utsatte planter ved planting etter lukkede hogster, estimert for planting uten markberedning. Planting av 2500 planter per hektar (småflatehogst) er valgt som referanseverdi (=100).

Det totale tidsforbruk ved planting (arbeidsplasstiden) omfatter også hjelpetider (etterfylling av planter på hogstfeltet o.a.) og tapstider. Disse størrelsene ble ikke tidsstudert og må derfor estimeres med støtte i litteraturen. Ut fra de foreliggende tidsstudier og med støtte i en tidligere undersøkelse (Strømnes 1986) er arbeidsplasstiden (W_0) estimert ved å forutsette et tillegg for hjelpetid lik 9,85 cmin per plante, og tapstid lik 16,5 % av effektiv tid (hovedtid + hjelpetid). Figur 4 viser resultatet av disse beregningene, for alternativet planting uten markberedning. W_0 er her omregnet til arbeidsplasstid per hektar og det er utført en standardisering der arbeidsplasstiden ved planting av 2500 planter per hektar, som tilsvarer planting etter småflatehogst i det foreliggende materialet, gis verdien 100. Det relative tidsforbruk ved andre plantetettheter kan estimeres ved avlesing mot y-aksen. Denne regneøvelsen eksemplifiserer hvordan resultatene kan benyttes for å estimere relative prestasjonsnivå, og dermed de relative kostnadene, ved gitte forutsetninger om antall utsatte planter etter lukkede hogster.

Plantenes etablering og vekst

Ved siste revisjon var plantenes gjennomsnittlige høydevekst i størrelsesorden 1,5–3 cm per år på rutene med svak bledningspreget hogst (fig. 3). Konkurransen fra de gjenstående trærne om tilgjengelige vekstresurser har imidlertid ennå ikke gitt seg utslag i sikre forskjeller i avgang for de ulike hogstbehandlingene. Markberedning har derimot hatt en klar positiv effekt på plantenes overlevelse, særlig inversmetoden (fig. 2). Inversmarkberedning har også gitt best resultat med hensyn til plantenes vekst, noe som sannsynligvis først og fremst kan tilskrives næringen som frigjøres fra humuslaget som

begraves under mineraljord med denne metoden. Dette samsvarer med erfaringer fra Sverige, hvor metoden også har gitt bedre resultat enn andre markberedningsmetoder som hauglegging (Örlander et al. 1998, Hallsby & Örlander 2004). Det er imidlertid klart at markberedning bare i begrenset grad kan kompensere for den negative effekten de gjenstående trærne har hatt på plantenes vekst og vitalitet, og at en relativt kraftig utglisning er nødvendig i blåbærskog med lav til middels bonitet, hvis vedvarende god vekst og vitalitet hos foryngelsen er en viktig målsetning i skogbehandlingen.

Er markberedning et reelt alternativ i forbindelse med lukkede hogster?

Med 6–7 m kranrekkevidde og 24 m mellom stikkveiene var det teoretisk mulig å markberede drøyt halvparten av arealet mens gravemaskinen opererte fra stikkveiene. I de selektivt hogde rutene ble derfor de fleste potensielle planteplassene i selve stikkveien og den nærmeste sonen opparbeidet, mens åpninger i midtsonen bare kunne nås unntaksvis ved de svakere hogstuttak. Den tekniske gjennomførbareheten av markberedning ble dermed i ganske stor grad begrenset av bestandsforholdene ved de lavere hogstuttakene (2, 3). På småflatene var forholdet mellom markberedte og ikke markberedte ruter omvendt (tabell 2). En mulig forklaring på det høye antallet markberedte punkter på småflatene kan være at gravemaskinførerne i mindre grad var i stand til å oppdage forhåndsforyngelse, og dermed opparbeidet flere planteplasser enn nødvendig. Plantørens og gravemaskinførernes subjektive vurderinger og innarbeidete arbeidsrutiner kan også ha påvirket resultatet, og dermed forklare noe av forskjellene som går fram av tabell 2. Et ytterligere moment ved vurdering av markberedning i forbindelse med lukkede hogster er sannsynligheten for råte blant de gjenstående trærne. Omfanget av råteskader er ikke undersøkt på de aktuelle feltene, men den potensielle risikoen tiltaket medfører (Fjeld 1994) tilsier at markberedning bør begrenses til åpninger og relativt glisne bestand der det er liten fare for skader. De tekniske begrensninger nevnt ovenfor taler også for en slik konklusjon.

Etterord

Resultatene fra tidsstudiene oppsummerer en artikkel innsendt til *Silva Fennica* (Granhus & Fjeld 2007), og gjengis med tillatelse fra rettighetshaver. Etableringen av forsøksfeltene og senere revisjoner er finansiert av Norges forskningsråd (prosjektene

103484/110, 143487/110 og 153738/140), Borregaard AS Forskningsfond, og Nordisk Ministerråd gjennom SNS. Vi ønsker også å rette en takk til skogeierne som har stilt arealer til disposisjon for forsøkene.

Abstract

We studied time consumption for planting of two-year-old containerised Norway spruce seedlings after partial harvesting (patch cutting or selective cutting with varying harvest intensity). The time consumption per plant (main time) increased when the number of planted seedlings was reduced from approximately 2100–2500 seedlings per hectare (patch cuts) to 700–1100 seedlings per hectare (selective cutting of low harvest intensity). However, the increase of the main time was rather slight and solely due to an increased walking time. Inverting site preparation reduced the time consumption with more than 40 % compared with planting without prior site preparation, whereas the corresponding reduction with patch scarification was slightly below 30 %. Based on the data from the time studies, regression equations were developed that can be used to estimate the relative costs associated with planting after partial harvests. Ten years after planting, there were no significant differences in seedling survival among the harvest treatments, whereas seedling growth declined with increasing residual basal area. Mechanical site preparation (inverting or patch scarification) increased the survival and growth of the seedlings and could therefore be an option when planting in gaps or relatively open residual stands, where the risk of injury to the residual trees is low.

Litteratur

- Andreassen, K. 1998. Description of the experimental series «Alternative forest management». Internt notat, NISK, Ås. 29 s.
- Anon. 1991. Terrängtypsschema för skogsarbete. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. 28 s. ISBN 91-7614-035-0.
- Callin, G. 1971. Manuell sättning av rotade plantor. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2: 183–214.
- Fjeld, D. 1994. Patch scarification in shelterwood stands of varying stand density. Norges landbrukshøgskole, Doctor Scientiarum Theses 4: 1–134. ISBN 82-575-0211-1.
- Granhus, A., Brække, F.H., Hanssen, K.H. & Have-raaen, O. 2003. Effects of partial cutting and scarification on planted *Picea abies* at mid-elevation sites in south-east Norway. Scand. J. For. Res. 18: 237–246.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2007. Time consumption of planting after partial harvests. *Silva Fennica* (innsendt manuskript).
- Hakkila, P. 1973. The effect of slash on working difficulty in manual planting. Comm. Inst. For. Fenn. 78(1): 1–36.
- Hallsby, G. & Örlander, G. 2004. A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. Forestry 77: 107–117.
- Strømnes, R. 1986. Tidsforbruk ved planting av pluggplanter av gran med hullpipe og planterør. Medd. Nor. inst. Skogforsk. 39(11): 185–213.
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, F. & Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies*: 10-year results from a site preparation trial in northern Sweden. Scand. J. For. Res. 13: 160–168.

EFFEKT AV MARKBEREDNING VED BRUK AV MINIPLANTER OG KONVENSJONELLE PLUGGPLANTER

Inger Sundheim Fløistad¹, Aksel Granhus², Anders Lindström³

¹Bioforsk Plantehele, Ås ²Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås,

³Högskolan Dalarna, Sverige

Innledning

Med bakgrunn i et ønske om å redusere foryngelseskostnadene og et varslet forbud mot bruk av kjemiske preparater mot snutebiller, har det blitt gjennomført mye forskning i Sverige på alternative metoder for å kunne lykkes med planting av gran (Nordlander et al. 2006). Miniplanter (Lindström et al. 2004) har i denne sammenheng blitt fremholdt som ett interessant alternativ. Slike planter dyrkes frem fra frø til levering i løpet av 8–10 uker, når de er blitt noen få centimeter høye. Den korte produksjonstiden gir lavere produksjonskostnad per plante og økt fleksibilitet ved at planteproduksjonen lettere kan tilpasses etterspørselen. Utprøving av plantetyper under ulike skogforhold er imidlertid nødvendig før den eventuelt tas i praktisk bruk. Hvordan plantene greier seg mot snutebiller og konkurranse fra vegetasjonen på hogstflater, og mot oppfrost når det markberedes, er sentrale spørsmål som må avklares.

I 2004 ble det første forsøket med miniplanter i Norge etablert. I denne artikkelen redegjør vi for de foreløpige resultatene fra dette forsøket, som så langt er fulgt opp de første tre vekstsesongene etter planting.

Materiale og metoder

Miniplantene ble dyrket frem spesielt til feltforsøket. Frø av proveniens Cø1 ble sådd i Jiffy pot 18 «Forestry» (13 ml) og dyrket åtte uker i veksthus + to uker på friland, på omtrent samme måte som

miniplantene dyrkes i Sverige (Lindström et al. 2005). Miniplantene hadde da en gjennomsnittlig høyde på 4 cm (tabell 1). Tre ordinære typer pluggplanter ble brukt til sammenligning; 1-årig M95 (50 ml), 2-årig M95 (50 ml) og 2-årig M60 (75 ml). De ordinære plantetyperne var dyrket etter vanlige rutiner i Prestebakke planteskole i Østfold og behandlet med Gori (permetrin) før levering.

Tabell 1. Plankehøyde og rothalsdiameter ved utplanting på et utvalg av plantene (n=20).

Plantetype	Høyde (cm)	Diameter (mm)
Miniplante	4,0	1,2
1 år M95	21,0	3,0
2 år M95	18,9	3,3
2 år M60	21,0	4,0

Forsøksområdet ble utlagt på en hogstflate i Ski kommune i Akershus. Denne hadde tidligere vært tresatt med gran som hovedtreslag, med innslag av bjørk og furu. Boniteten var taksert til G20. Bestandet hadde vært avvirket over flere år, men arealet som ble benyttet i forsøket, var i sin helhet hogd på nyåret i 2003. Feltet ble delt i tre gjentak og innen hvert gjentak ble halvparten av området flekkmarkberedt med minigraver 29. juni 2004. Plantingen ble gjennomført 30. juni. På planteplasser som ikke var maskinelt markberedt, ble vegetasjonsdekket flekket av med plantehakka der planta skulle settes. Det ble plantet 90 planter av hver type i både markberedte flekker og uten markberedning, til sammen 720 planter.

Tabell 2. Planteavgang i løpet av de tre første feltsesonger for ulike plantetyper, med og uten markberedning. (n = 90).

Plantetype	Forbehandling	2004 (antall)	2005 (antall)	2006 (antall)	Totalt (%)
Miniplante	Markberedt	4	9	3	18
	Ikke markber.	6	10	3	21
1 år M95	Markberedt	1	1	-	2
	Ikke markber.	3	4	1	9
2 år M95	Markberedt	3	6	1	11
	Ikke markber.	7	2	-	10
2 år M60	Markberedt	1	6	2	10
	Ikke markber.	1	7	-	9

Resultater og diskusjon

Planteavgang

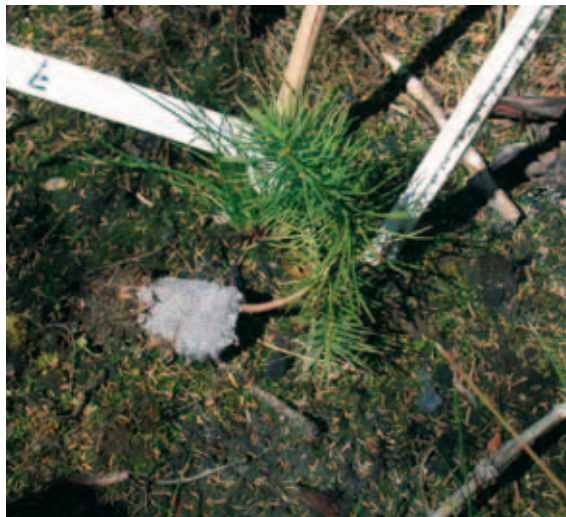
Et lite antall av miniplantene døde allerede første vekstsesongen (tabell 2). Ved første befarings på feltet en uke etter planting, var det to planter med brun nålemasse som senere døde. I august var det ytterligere fire miniplanter som ble brune i baret og senere døde. På alle disse plantene ble rothalsen studert nøye for å finne ut om det kunne være snutebillegnag. Kun på en av plantene ble snutebillegnag ansett å være årsaken til avgangen (figur 1). I tillegg til disse plantene var det fire planter som ble gule i baret og senere døde, sannsynligvis drukning på grunn av planteplasser i forsøkninger. Spesielt for de små miniplantene er det viktig at planteplasset er optimal. Feltet hadde mye hogstavfall og markberedningen var derfor vanskelig å gjennomføre på optimal måte. Dette medførte at enkelte av planteplasset i markberedningsflekke ble dypere enn ønskelig. Når juli 2004 samtidig var svært nedbørrik førte dette til at enkelte av plantene ble stående i vann i perioder.



Figur 1. Her er trolig snutebillegnag årsaken til at planten senere døde.

Synlig oppfrost, det vil si at den lille rotpluggen helt eller delvis var skjøvet opp av jorda (figur 2), ble registrert på ni av miniplantene (5 %) etter den første vinteren. Disse var alle plantet på markbe-

redte flekker. Fem av disse plantene døde i løpet av andre vekstsesong. Det er likevel mulig at oppfrost kan ha ført til avrevne røtter på flere planter, og dermed var årsaken til at flere av miniplantene døde den andre vekstsesongen (de Chantal et al. 2007).

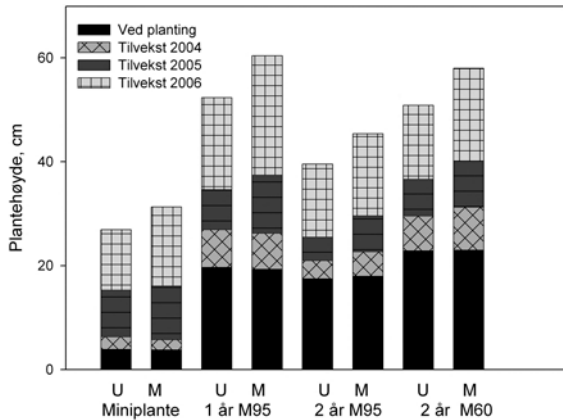


Figur 2. Enkelte av miniplantene var utsatt for oppfrost, men overlevde og vokste videre.

I andre forsøk er det vist at faren for oppfrost kan være større med miniplanter enn med vanlige plantetyper. På en lokalitet i Sør-Sverige ble hele 38 % av miniplantene rammet av oppfrost ved planting etter hauglegging (Johansson et al. 2007), mens bare 7 % av de større pluggplantene ble rammet. Når en må markberede er det imidlertid mulig å redusere den generelle faren for oppfrost ved å bruke inversmetoden, eller grunn flekkmarkberedning som var den aktuelle metoden som ble anvendt i vårt forsøk (de Chantal et al. 2007).

For de toårige plantene, M95 og M60, var den prosentvise avgangen omtrent halvparten så stor som for miniplantene, mens de ettårige M95 plantene hadde den laveste avgangen, spesielt der de var plantet i markberedte flekker.

For miniplantene og de toårige plantene ser det ikke ut til at markberedning har hatt noen effekt på planteavgangen i dette forsøket (tabell 2). Dette kan være en indikasjon på at markberedning og valg av planteplasser ikke har vært optimale. De ettårige M95-plantene ser derimot ut til å ha hatt en fordel av maskinell markberedning, med kun 2 % avgang i markberedte flekker sammenlignet med 9 % avgang der ettåringene ble plantet uten markberedning.



Figur 3. Høyde ved planting og høydevekst de tre første vekstsesongene etter planting for ulike plantetyper, med og uten markberedning (M=markberedt; U=ikke markberedt). Høydene er registrert på uskadede planter (n = 90 ved utplantingstidspunktet).

Tilvekst

Fra og med andre vekstsesong etter planting var tilveksten signifikant bedre der plantene har vært satt i maskinelt markberedte flekker enn der jorda bare ble flekket av i forbindelse med planting (figur 3). Den første vekstsesongen var det kun få centimeter tilvekst på miniplantene. Svært mange av de toårige M95-plantene mistet mye nåler i toppen kort etter utplantning, så også disse plantene hadde svak tilvekst første vekstsesongen. Begge disse plantetyperne hadde signifikant mindre tilvekst den første vekstsesongen enn ettårig M95 og toårig M60. Også den andre vekstsesongen viste de toårige M95-plantene signifikant svakest tilvekst. Miniplantene og de ettårige M95-plantene hadde signifikant størst tilveksten andre året. Tredje vekstsesongen hadde de ettårige M95-plantene signifikant størst tilvekst, mens det ellers var små forskjeller i høydetilvekst mellom de andre plantetyperne.

Etter tre vekstsesonger var det ingen signifikante forskjeller i høyde mellom plantetyperne ettårig M95 og toårig M60, men disse plantetyperne var signifikant større enn toårige M95 og miniplantene. Den relative forskjellen i høyde mellom miniplantene og de andre plantene etter tre vekstsesonger, forklares av forskjellen i høyde ved plantetidspunktet, noe som også er vist i tidligere undersøkelser (Lindström & Hellqvist, 2005). Høydetilveksten på miniplantene er fullt på høyde med de ordinære plantetyperne etter den første vekstsesongen. Dette kan skyldes at røttene var i aktiv vekst ved utplantingstidspunktet og at plantene dermed etablerte seg raskt på hogstfeltet. Men selv om plantene etter hvert har tilnærmet lik høydetilvekst, har de ordi-

nære plantetyperne flere og kraftigere sidegreiner slik at den totale biomassen er større. Dette kan trolig gi økte forskjeller i de kommende vekstsesonger (Nilsson & Örlander 1999). Undersøkelsen viser også det store vekstpotensialet ettårige pluggplanter har sammenlignet med toårige pluggplanter av typene M95 og M60.

Konklusjon

Antagelig har det vært lite snutebiller på feltet, men undersøkelsen viser et godt etableringspotensial for miniplanter. Dersom plantejobben gjøres grundig med avflekking før planting, ser det ikke ut til at det er en absolutt forutsetning med maskinell markberedning før planting av miniplanter. Men tilveksten i etableringsperioden forbedres ved markberedning, uansett plantetype. Det er også verdt å merke at juli 2004 var svært nedbørrik. Miniplanter bør prøves ut i større skala og testes over flere plantesesonger før en gir anbefaling om bruk under norske forhold.

Etterord

Undersøkelsen har vært finansiert av Norges forskningsråd (NFR prosjekt nr. 153738/140) og Bioforsk Plantehelse (tidligere Planteforsk Plantevernet). Vi ønsker å takke skogbrukssjef Morten Lysø for hjelp til å finne egnet felt og grunneier Martin Grøstad for å stille feltet til rådighet. Forskningstekniker Marit Helgheim og student Una Glende Janson takkes for god hjelp med registreringer på feltet.

Abstract

A field study in Akershus County in south-eastern Norway was established in order to compare different seedling types. The experiment includes 10 week-old containerized seedlings (mini seedling), in addition to 1 and 2 year old commercial grown seedlings. The mini seedlings were not treated with insecticides against pine weevil before planting. All seedlings were tested both with and without mechanical soil scarification. Mini seedlings were sensitive for frost heaving, but the growth rate were comparable to the commercial seedlings, if they were successfully established. Only limited damages caused by the pine weevil were observed in the study.

Litteratur

- de Chantal, M., Hanssen K. H., Granhus A., Bergsten U., Löfvenius M. O., Grip H. 2007. Oppfrost av granplanter: størst skader med dyp markbehandling og store hogståpninger. *Forskning fra Skog og landskap* 3: 23–26.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Lee Allen, H. 2007. Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests* 33: 13–27.
- Lindström, A. & Hellqvist, C. 2005. Praktisk plantering av miniplantor – resultat efter 3 år i fält. Högskolan Dalarna, Institutionen för matematik, naturvetenskap och teknik. Stencil nr 41. 5 pp.
- Lindström, A., Hellqvist C., Håkansson L., Stattin E. 2004. Resultat från fältforsök med miniplantor 2003 samt återinventering av äldre försök. Stencil nr 36. Högskolan Dalarna. 22 pp.
- Lindström, A., Hellqvist, C. & Stattin, E. 2005. Mini seedlings – a new forest regeneration system. In proceeding of The Thin Green Line: A Symposium on the State of the Art in Reforestation 26–28 July, Thunder Bay, Ontario. Edited by S.J. Colombo, Q. Dang, L. Betts. Ontario Ministry of Nat. Res., Ontario Forest Research Institute, Sault Ste. Marie, Ontario. Information Report 160: 59–61.
- Nilsson, U., Örlander, G. 1999. Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Can. J. For. Res.* 29: 2015–2026.
- Nordlander, G., Örlander, G., Petersson, M., & Hellqvist, C. 2006. Skogsskötselåtgärder mot snytbagge, 43 pp. Webbhandbok – version 1.1, www.entom.slu.se/snytbagge.

HØSTSKUDD PÅ GRANPLANTER ETTER KORTDAGSBEHANDLING

Inger Sundheim Fløistad
Bioforsk-plantehelse, Ås

Innledning

En sikker vekstavslutning er viktig i skogplanteskolenene for å sikre frostherdige planter for høstplanting og vinterlagring. Knoppsettingen i gran kan fremskyndes av kortere daglengder (Dormling et al. 1968; Heide 1974) og kortdagsbehandling (KD-behandling) benyttes derfor i en del planteskoler for å fremskynde innvintring før høstplanting eller vinterlagring av planter (Fløistad 2001).

Høydeveksten stopper raskt og KD-behandling er derfor også en metode for å stoppe høydeveksten tidlig i plantepartier hvor plantene ellers ville utviklet seg til å bli for lange.

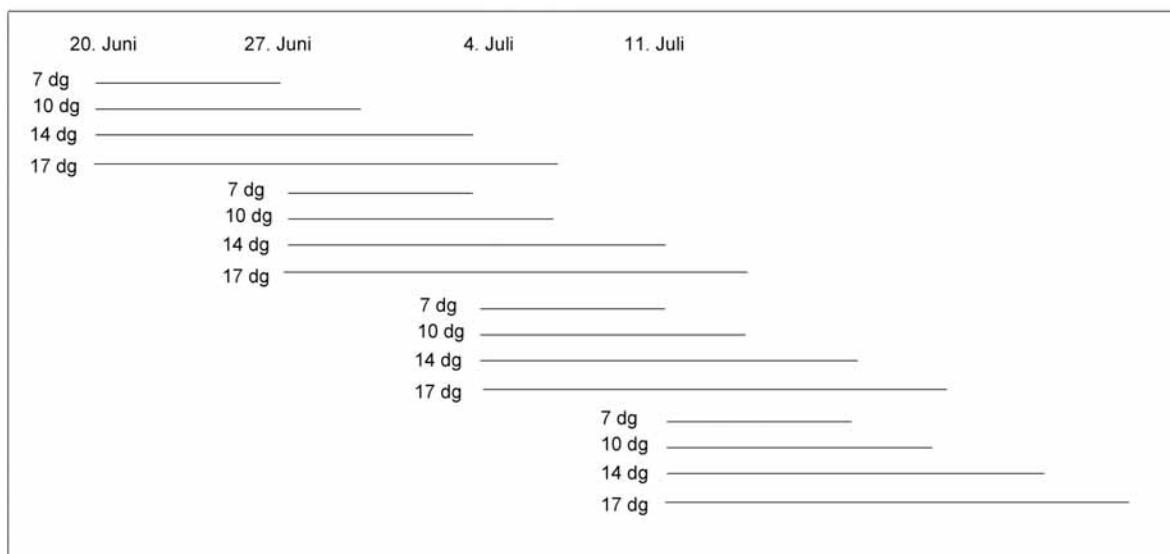
Avslutning av kambieveksten ser ut til å være en prosess som tar lengre tid enn avslutning av høydevekst (Heide 1974) eller initieres av nattlengder som er lengre enn kritisk nattlengde for strekningsvekst (Heide 1974; Bjørnseth 1977). Det har derfor vært av interesse å vurdere om en kan oppnå større rothalsdiameter, innenfor de dyrkingssystemene som brukes i skogplanteskolenene i dag, ved å tilpasse tidspunkt eller intensitet på KD-behandlin-

gen slik at en oppnår fortsatt diametervekst samtidig som høydeveksten i planten stopper. Målet var et bedre diameter: høyde-forhold i plantene ved å tilpasse tidspunktet for KD-behandlingen, uten at det påvirket andre kvalitetskriterier i plantematerialet negativt.

Etter avsluttet strekningsvekst utvikles knoppene i granplantene. Men noen ganger bryter toppknoppene igjen på seinsommeren og plantene får det vi kaller høstskudd. Disse skuddene vil avmodnes senere og kan være mer utsatt for skader om høsten og gjennom vinterlagring.

Vi har observert i skogplanteskoler at det ser ut til å bli mer høstskudd dersom KD-behandling starter tidlig i sesongen.

Vi gjennomførte to forsøk med ulike kombinasjoner av KD-behandling for å følge plantenes diameter: høyde-utvikling. Høstskudd ble samtidig registrert. I denne artikkelen har jeg sammenstilt frekvensen av høstskudd fra de to forsøkene hvor KD-behandling ble gitt til ulike tider og med ulik varighet.



Figur1. Oversikt over startdato og varighet av KD-behandlingene som ble gjennomført i 2003. Alle kombinasjoner av behandlinger ble gitt på fire pottebrett, i tillegg inngikk fire brett som ikke fikk KD-behandling.

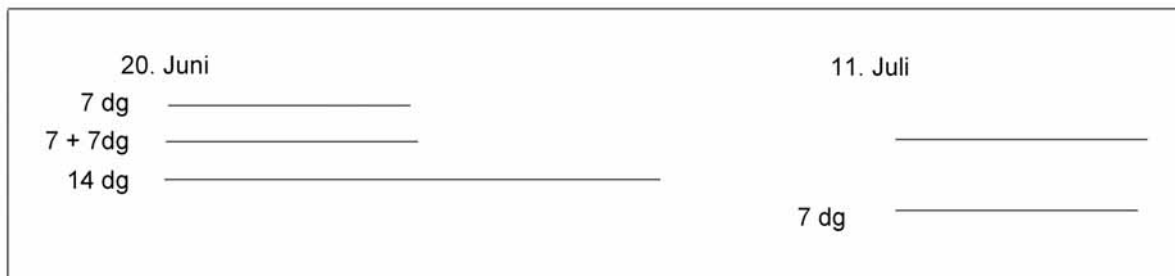
Materiale og metoder

Planter som var dyrket etter vanlige rutiner i Buskerud planteskole det første året av en to-årig produksjon ble hentet til fytotronen på Ås i april 2003 og dyrket videre under kontrollerte klimabetingelser. Frømaterialiet var C1 og plantene stod i M60-brett (500 planter m²; rotvolum 75 cm³), fire brett for hver av de 16 behandlingskombinasjonene, i tillegg til fire brett som ikke fikk KD-behandling. Frem til start på behandlingen ble plantene dyrket under naturlige lysforhold og en gradvis økende temperatur, samsvarende med normal vårtemperatur for området (Landbruksmeteorologisk tjeneste 2003).

Ved start på første KD-behandling (20. juni) var dag-/natt-temperatur henholdsvis 22/18 °C. KD-behandling (10 t dag/14 t natt) ble gjennomført til ulike tidspunkter og med ulik varighet (antall dager) slik figur 1 viser. Etter KD-behandlingen stod plantene i fytotronen under naturlig gradvis kortere daglengder for registrering av knoppsetting og høst-

skudd. Plantene ble vannet med fullstendig næringsløsning (ammoniumnitrat + Pioneer makro og mikro) gjennom hele forsøket.

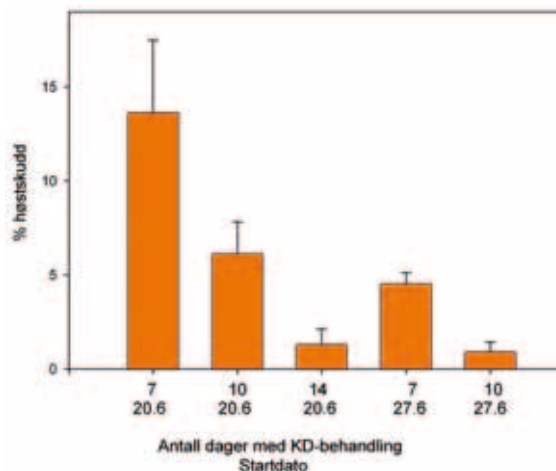
I 2005 gjennomførte vi et tilsvarende forsøk med ettårige produksjonsplanter fra Buskerud planteskole. Plantene stod under kontrollerte betingelser i fytotronen i Oslo fra 1. juni med dag-/natt-temperatur på henholdsvis 22/18 °C og ble vannet med fullstendig næringsløsning (ammoniumsulfat og Rød superba) gjennom hele forsøket. Det var færre kombinasjoner av KD-behandlinger (10 t dag/14 t natt) sammenlignet med 2003 (figur 2), men et nytt ledd ble lagt opp som en kombinasjon av en uke tidlig KD-behandling, med formål å stoppe høydeveksten, etterfulgt av en uke sein KD-behandling, med formål å unngå høstskudd. Alle behandlinger ble gjennomført på planter fra frøkilde C1 + Hallen frøplantasje, fire brett per behandling i tillegg til fire brett som ikke fikk KD-behandling.



Figur 2. Oversikt over startdato og varighet av KD-behandlingen som ble gjennomført i 2005. Alle kombinasjoner av behandlinger ble gitt på fire pottebrett, i tillegg inngikk fire brett som ikke fikk KD-behandling.

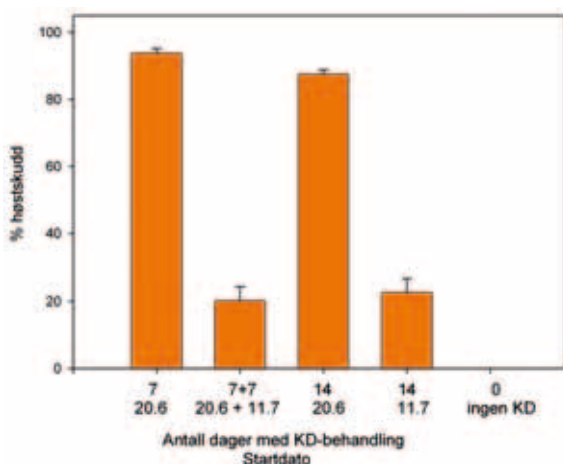
Resultater og diskusjon

Resultatene fra det første forsøket viste tydelig hvordan frekvensen av høstskudd reduseres med en senere start på KD-behandlingen. Når KD-behandlingen startet i juli var det ingen høstskudd på noen av plantene. Samtidig viser resultatene at frekvensen av høstskudd reduseres med økt varighet på KD-behandlingen (figur 3). Selv den tidligste starten på KD-behandlingen resulterte ikke i høstskudd på plantene dersom KD-behandlingen ble gjennomført i 17 dager.



Figur 3. Andelen av plantene i % som hadde høstskudd i 2003. Varighet (antall dager) og startdato for KD-behandlingene fremkommer av figuren. Det var ingen høstskudd på de behandlingene som ikke er presentert på figuren (jfr figur 1).

Fordi den langvarige KD-behandlingen (17 dager) også var den behandlingen som resulterte i minst rothalsdiameter i plantene (Fløistad 2005), ønsket vi å se om det var andre muligheter for å stoppe høydeveksten tidlig, samtidig som en unngår høstskudd. I Canada gjennomføres gjentatt KD-behandling på Douglas-gran for å unngå høstskudd (Turner & Mitchell 2003). Vi gjennomførte derfor i 2005 en todelt behandling med en kortvarig (7 dager) tidlig KD-behandling kombinert med en ny kortvarig (7 dager) behandling i juli. Det var ingen forskjell i frekvens av høstskudd mellom frøskildene C1 og Hallen og resultatene er derfor slått sammen. Plantene som kun fikk KD-behandling med start 20. juni hadde signifikant (t-test) større frekvens av høstskudd enn planter som fikk KD-behandling midt i juli (figur 4). Både en og to ukers behandling med start 20. juni resulterte i omkring 90 % høstskudd. Sen KD-behandling resulterte i omkring 20% høstskudd. Det var ingen forskjell i høstskudd-frekvens der KD-behandlingene ble avsluttet 18. og 25. juli etter henholdsvis 7+7 og 14 dager behandling.



Figur 4. Andelen av plantene i % som hadde høstskudd i 2005. Varighet (antall dager) og startdato for KD-behandlingene fremkommer av figuren.

Knoppene som var dannet under den tidlige KD-behandlingen var ustabile og brøt på nytt, mens plantene som fikk KD-behandling senere i større grad fortsatte utviklingen av endeknoppen. Høydeveksten i småplanter av gran, fra og med andre vekstsesong, er sammensatt av en viss del forhåndsbestemt vekst fra knoppsett året før, og en viss del fri vekst (Cannell et al. 1976). Miljømessige forhold kan påvirke andelen fri vekst, og kortdagsbehandling kan føre til at fri vekst uteblir helt (von Wuehlisch & Muhs 1991). Tidspunktet for når KD-

behandlingen starter ser ut til å ha betydning sammen med varigheten av behandlingen.

Plantene hadde i 2005 lang dag (21t dag/3 t natt) frem til midten av august før daglengdene gradvis ble redusert. Etter avsluttet KD-behandling stod de derfor en forholdsvis lang periode med kortere nattlengder enn kritisk nattlengde for knoppsettning (Kohmann 1996). Dette er sannsynligvis en årsak til at det totalt sett ble registrert mange flere høstskudd i dette materialet enn i forsøket som ble gjennomført i 2003. Tørke har blitt vist å redusere frekvensen av høstskudd (Hallgren & Helms 1992; Roth & Newton 1996), og dette kan også ha spilt noe inn på forskjellen i forekomsten av høstskudd mellom de to årene på grunn av de ulike dyrkingsforholdene som klimaaneleggene i Oslo og på Ås gir.

Konklusjon

Resultatene har vist at tidlig og kort KD-behandling gir økt sannsynlighet for høstskudd. Dersom det er ønskelig å starte behandlingen tidlig for å regulere høydeveksten, bør varigheten på behandlingen økes. For å unngå de effektene på plantenes totale tilvekst som langvarig KD-behandling kan gi, viser resultatene at forekomsten av høstskudd også kan begrenses ved en kortvarig repetert behandling i juli, men dette vil innebære mye ekstra arbeid i planteskolene.

Etterord

Undersøkelsen har vært finansiert av Norges forskningsråd (NFR prosjekt nr. 153738/140) og Bioforsk Plantehelse (tidligere Planteforsk Plantevernet). Forskningstekniker Marit Helgheim takkes for arbeid med plantestell og registreringer og staben ved Fytotronen ved UiO takkes for god hjelp ved gjennomføringen av forsøket i 2005.

Abstract

Artificial short day treatment is a common routine to induce growth cessation in forest nurseries, primarily preceding autumn planting or to induce early growth cessation. The present study was established in order to examine effects of the timing and duration of short day treatment on diameter: height ratio in *Picea abies* seedlings. Experiments were established with one-year old seedlings in controlled environment and growth cessation was induced

by short day treatment with varying starting date and duration. As autumn re-flush may be a severe challenge in the nurseries this paper present the frequencies of re-flush following the different short day treatments performed in this study. The results showed increased risk of re-flushing when short day treatment started in June compared with treatment starting in July. Re-flushing following early short day treatment may, however, be avoided with a repeated treatment.

Litteratur

- Bjørnseth, I.-P. (1977): Vekstavslutning i granens kambium, dens forhold til naturlig daglengde, klima og næring. *Institutionen för skogsgenetik, Skogshögskolan, Rapporter och Uppsatser* 27, 32–39.
- Cannell, M. G. R., Thompson, S. & Lines, R. (1976): An analysis of Inherent differences in shoot growth within some north temperate conifers, pp. 173–205. I M. G. R. Cannell & F. T. Last (Eds): *Tree physiology and yield improvement*.
- Dormling, I., Gustafsson, Å. & von Wettstein, D. (1968): The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I. Some basic experiments on the vegetative cycle. *Silvae Genetica* 17, 44–64.
- Fløistad, I. S. (2001): Innvintring av *Picea abies* og bruk av kortdagsbehandling i skogplanteskolene, Planteforsk rapport 18/2001 31 pp.
- Fløistad, I. S. (2005): Sturdy *Picea abies* seedlings by use of short day-treatment. I: Proceedings from the 5th International Conference on Forest Vegetation Management, Oregon state Univ. 122 pp.
- Hallgren, S. W. & Helms, J. A. (1992): The Effects of Summer Shoot Production on Height Growth Components of Seedlings of California Red and White Fir. *Canadian Journal of Forest* 22, 690–698.
- Heide, O. M. (1974): Growth and dormancy in Norway spruce ecotypes (*Picea abies*). I. Interaction of photoperiod and temperature. *Physiologia Plantarum* 30, 1–12.
- Kohmann, K. (1996): Nattlengdereaksjonen til granplanter fra ulike proveniensers og frøplanta-sjer. *Rapport fra Skogforsk* 15, 1–20.
- Landbruksmeteorologisk tjeneste (2003): www.bioforsk.no.
- Roth, B. E. & Newton, M. (1996): Role of lammas growth in recovery of Douglas-fir seedlings from deer browsing, as influenced by weed control, fertilization, and seed source. *Canadian Journal of Forest Research* 26, 936–944.
- Turner, J. & Mitchell, S. J. (2003): The effect of short day treatments on containerized Douglas-fir morphology, physiology and phenology. *New Forests* 26, 279–295.
- von Wuehlich, G. & Muhs, H.-J. (1991): Environmental influences on juvenile shoot growth in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6, 479–498.

BRUK AV NYTTENEMATODER TIL BEKJEMPELSE AV GRANSNUTEBILLEN (*Hylobius abietis*)

Solveig Haukeland
Bioforsk Plantehelse, Ås

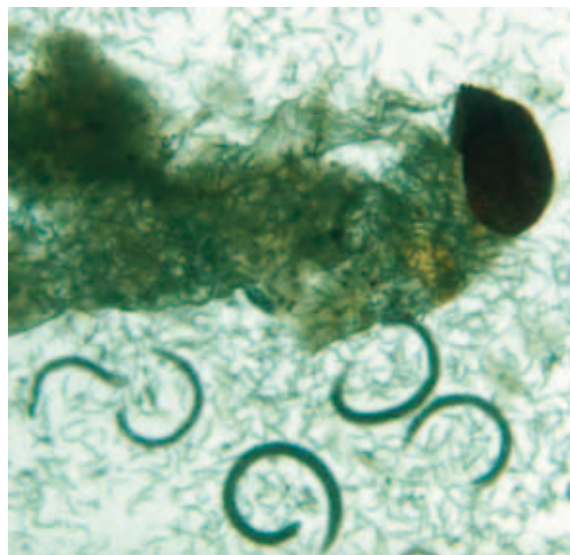
Innledning

Gransnutebilleren gjør stor skade i granplantninger over hele Europa og kan føre til stort økonomisk tap dersom det ikke settes inn tiltak (Langström & Day, 2004). De voksne billene blir lokket til nye hogstflater av duftene fra hogstavfall og stubber. Billene legger egg i røttene til de ferske stubbene, og larvene utvikler seg i innerbarken. De voksne billene lever lenge og eggleggingen kan skje i to sesonger. Når den nye billegenerasjonen klekker fra stubbene etter 1–2 år begynner de også å ete på de små bartreplantene. Billene kan «ringbarke» plantene og plantedødeligheten på en hogstflate kan bli nesten 100 %, (Christiansen 1971, Langström & Day 2004). Skadene kan strekke seg over fire år etter hogst. Den mest vanlige bekjempelsesmetoden er forebyggende påføring av et pesticid for å beskytte bartreplantene før utplanting. Fra 2006 er bruk av permentrin ikke lenger tillatt. I Norge er preparatene Merit Forest (Imidakloprid) og Karate Zeon godkjent til formålet (februar 2007) (<http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/plantevernmidler/godk.cfm>), men det er begrenset erfaring med disse preparatene til bruk mot snutebiller, i skog.

I prosjektet har vi studert nyttenematoder som et mulig alternativ eller supplement til bekjempelse av gransnutebilleren. Metoden går ut på å redusere antall nye generasjoner av gransnutebiller ved å drepe så mange larver som mulig i stubbene på hogstflater hvor de lever.

Nematoder (rundormer) er små, uleddete mark som vanligvis ikke kan sees med det blotte øye (Lee 2002). De finnes i nesten alle miljøer, inkludert ørkener, arktiske og antarktiske strøk, ferskvann og jord. Det er en svært artsrik gruppe og forekommer ofte i enorme individantall. Nematoder kan grovt deles inn i tre kategorier: Frittlevende arter, dyreparasitter og planteparasitter (Hågvær 1996, Lee 2002). Med nyttenematoder menes nematoder som kan brukes i biologisk bekjempelse av skadeinsekter (Gaugler 2002). Disse nematodene lever bare av insekter og tilhører kategorien dyreparasitter. De viktigste artsgruppene er *Steinernema* spp. og *Heterorhabditis* spp. Nytteneamatoder lever i

jorda der de oppsøker eller venter på muligheten til å smitte en insektlarve. Nematoden trenger seg inn i insektlarven og dreper den raskt ved hjelp av en medbrakt bakterie. Deretter skjer det en oppformering av nematodene inne i den døde larven, og etter en viss tid utvikles en ny generasjon nematoder som kan oppsøke nye insekter (figur 1). I naturen er det ikke vanskelig å finne disse nematodene ved å ta jordprøver som analyseres. I Norge har vi foreløpig påvist syv arter, og på verdensbasis er omlag 50 arter beskrevet så langt (Spiridonov et al. 2004). Flere arter av nyttenematoder masseproduseres i Europa (bl.a. England, Tyskland og Nederland) og kan kjøpes for bruk til biologisk bekjempelse av skadeinsekter i forskjellige plantekulturer (Grewal et al. 2005). I Norge er nyttenematoder hovedsakelig brukt mot hærmygg i veksthusproduksjon, mot rotsnutebiller i jordbær på friland og noe i produksjon av pryddplanter. Men det er muligheter for bruk på andre områder i fremtiden.



Figur 1. Død gransnutebillelarve drept av nyttenematoden *Steinernema carpocapsae* (Foto S. Haukeland)

Materiale og metoder

Kartlegging

Jordprøver fra 1–3 år gamle hogstflater ble undersøkt for naturlig forekomst av nyttenematoder. På hver hogstflate som skulle undersøkes tok vi ut jordprøver med en jordbor (Ø 2,5 cm). En prøve inneholdt jord fra flere «stikk» tatt rundt stubben og langs røttene ut til 1 meter fra stubben, og ned til en dybde på mellom 15 og 30 cm. I noen tilfeller ble prøven delt inn i organisk/strø og mineraljord. Størrelsen på jordprøven var minst en liter. For å isolere nyttenematoder fra jordprøvene brukes voksmøllarver (*Galleria mellonella*) som åte. En halv liter av hver prøve ble lagt i en plastboks (med lokk) sammen med 3 friske voksmøllarver. Vi undersøkte larvene etter en og to uker. Døde larver ble tatt vare på og undersøkt for nyttenematoder. Funn av nyttenematoder i larvene ga muligheten for videre dyrking av nematoder på nye voksmøllarver. Identifikasjon av isolatene ble utført i mikroskop og til dels ved hjelp av molekylære metoder (RFLP) (Kaya & Stock 1997, Haukeland et al. 2006).

Forsøk i laboratoriet

Temperaturforsøk

Vi testet nyttenematodene isolert fra skogsjord på larver av rotsnutebillen (*Otiorhynchus sulcatus*). Formålet var å undersøke om de norskisolerte nematodene var mer tolerante for lav temperatur enn kommersielle nematodepreparater.

Rotsnutebillelarver ble lagt enkeltvis i 12 små brønner, hver brønn fylt med fuktet torv og tilsatt 200 nematoder i ca. 1 ml vann. Ubehandlet kontroll var tilsatt lik mengde vann. Temperaturene i forsøkene var 6, 12 og 18 °C. Omfanget var 8 forskjellige nyttenematoder, hvorav 5 norske og 3 kommersielle (norsk-isolerte *Steinernema* spp.: Nor 1- Nor 5. Kommersielle fra Becker Underwood: *S. feltiae*, *S. kraussei* og *Heterorhabditis megidis*).

Effektivitetsforsøk

Utvalgte nyttenematoder (tre norske nematodeisolater og et kommersielt preparat, *S. carpocapsae*) ble testet på larver, pupper og voksne gransnutebiller. Insektene var plukket fra røtter rundt stubber på et hogstfelt som beskrevet av Pezet (2005). En larve, puppe eller voksen var plassert enkeltvis i et 30 ml plastbeger uten føde, deretter fylt med 25 ml fuktet torv og tilsatt 200 nematoder eller vann (kontroll) i 1 ml løsning. I et annet forsøket med *S. car-*

pocapsae og gransnutebillelarver ble det brukt større beger (500 ml) og 1000 nematoder per beger for å undersøke om nematodene kunne forflytte seg 10 cm gjennom torven til larven. I dette forsøket fikk larvene bark som føde. Forsøkene var utført ved 17 °C og avsluttet etter to uker. Døde og levende insekter ble registrert og undersøkt for nematodeinfeksjon.

Forsøk på hogstflater

Forsøk med bruk av nyttenematoder var utført på to hogstflater, høsten 2004 og sommeren 2006. Flatene var felt (hogd) henholdsvis vinteren 2002/2003 og vinteren 2004/2005.

Høsten 2004 spredde vi ut nematoder (*S. kraussei* Becker Underwood) i vannløsning rundt 10 stubber på hogstflaten (figur 2). Løsning med nyttenematoder som inneholdt 2,5 millioner nematoder per liter ble vannet ut rundt stubben i en avstand fra 0 til 50 cm fra stubben. Hver stubbe fikk en liter nematodeløsning. Våren 2005 tok vi ut jordprøver for å undersøke overlevelse av de utsatte nematodene. For å finne gransnutebillelarver eller -pupper pirket vi bort barken på stubbens røtter.

Sommeren 2006 vannet vi ut nematoden *Steinernema carpocapsae* (Becker Underwood) rundt stubber på samme måte som i 2004. Hogstflaten var delt i 4 gjentak. Hvert gjentak besto av fem stubber behandlet med 3 millioner nematoder og fem ubehandlede stubber. Røttene til halvparten av hver stubbe ble gravd frem og undersøkt for overlevende larver og pupper av gransnutebillen en måned etter behandlingen med nematodene.



Figur 2. Vanning av nyttenematoder rundt en stubbe.

Resultater

Kartlegging

Tabell 1 viser funn av nyttenematoder (*Steinernema* spp.) i jordprøver fra utvalgte hogstflater (2003–2005).

Tabell 1. Naturlig forekomst av *Steinernema*-arter (nytteneamatoder) fra flere hogstfelt og jordprøver tatt i 2003–2005.

Lokalitet og feltype	Antall prøver	Antall prøver med <i>Steinernema</i> spp.
AKERSHUS		
Kråkstad 1 år etter hogst	3x3 (9)	8
Kråkstad 3 år etter hogst	3x3 (9)	3
Kråkstad bestand	3x3 (9)	2
Kråkstad kantvegetasjon	3 (samleprøver)	2
Ski I	10	8
Ski II	10	5
Ski III	10	5
Vestby	19	16
TELEMARK		
Lidalen (Notodden) 2 år etter hogst	20 (øvre lag/organisk jord)	5
Lidalen (Notodden) 2 år etter hogst	20 (nedre lag/mineraljord)	5

Forsøk i laboratoriet

Resultater fra forsøkene ved ulike temperaturer er vist i tabell 2. Ved 18 °C var det over 80 % mortalitet for larvene og lite variasjon mellom nematode isolatene. Det var noe mer variasjon i forsøkene ved

12 °C hvor mortaliteten var noe lavere (mellom 40 og 60 %, men et isolat ga 79 % mortalitet). Det var en tendens til lavere mortalitet ved 6 °C spesielt for *S. carpocapsae* og ingen mortalitet av larvene for *H. megidis*.

Tabell 2. Mortalitet (%) av rotsnutebillelarver (*O. sulcatus*) etter 2 eller 3 ukers eksponering for forskjellige nyttenematoder ved ulike temperaturer.

Nyttenematode art eller isolat (eksponerings tid i uker)	Mortalitet (%)		
	18 °C	12 °C	6 °C
<i>Steinernema</i> sp. Nor 1 (2)	92	58	12
<i>Steinernema</i> sp. Nor 2 (2)	79	62	8
<i>Steinernema</i> sp. Nor 2 (3)	100	42	12
<i>Steinernema</i> sp. Nor 3 (3)	100	46	17
<i>Steinernema</i> sp. Nor 4 (3)	100	33	25
<i>Steinernema</i> sp. Nor 5 (3)	100	62	5
<i>S. carpocapsae</i> Nor (2)	92	33	8
<i>S. carpocapsae</i> Nor (3)	100	58	4
<i>S. carpocapsae</i> Nor (3)	100	42	4
<i>S. feltiae</i> (Becker Underwood) (2)	96	37	27
<i>S. feltiae</i> (Becker Underwood) (3)	87	37	25
<i>S. kraussei</i> (Becker Underwood) (3)	100	50	25
<i>Heterorhabditis megidis</i> (Becker Underwood) (3)	92	79	0

Tabell 3. Effekt av fire nytteneisoler mot larver og pupper av gransnutebiller.

Behandling	Mortalitet i % for larver	Mortalitet i % for pupper
Steinernema sp. Nor 1	80	80
Steinernema sp. Støk 1	70	40
S. kraussei (Becker Underwood)	57	70
Kontroll (vann)	63	50
S. carpocapsae Nor 2	40	-
Kontroll (vann)	30	-

Resultatene fra forsøkene med gransnutebillelarver og -pupper er summert i tabell 3. Forsøkene med voksne gransnutebiller er ikke tatt med, fordi mer enn halvparten av insektene rømte fra plastbegrene.

For forsøket med puppene, var det statistisk sikker forskjell mellom kontroll og nytteneisolerbehandling (student t-test $\alpha=5\%$, $p=0,015$), men ikke mellom nematodeisolatene. For forsøket med larvene var det ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene. Kontrollmortaliteten var noe høy (63%). For forsøket med *S. carpocapsae* var det ikke signifikant (t-test) forskjell i mortalitet mellom behandlede og ubehandlede larver.

Feltforsøk

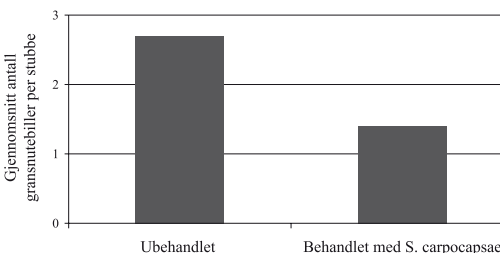
Det ble funnet svært få gransnutebillelarver i stubbene fra forsøket høsten 2004. Effekten av nematode-utslippet kunne derfor ikke påvises. Det ble imidlertid vist at de utslupne nematodene overvintret i jorda rundt stubbene.

I feltforsøket sommeren 2006 ble larver, pupper og voksne gransnutebiller registrert i stubbene (figur 3). Som i 2005 var det varierende antall larver og pupper i stubbene (fra 0 til 8 per stubbe). Gjennomsnitt antall levende gransnutebillelarver og -pupper per stubbe var 2,7 (standardavvik 2,1) for ubehandlet, og 1,4 (standardavvik 1,9) for behandlet med *S. carpocapsae* (figur 4). Det var ikke statistisk forskjell mellom behandlingene ($p=0,055$, enveis varians analyse).



Figur 3. Registrering av overlevende insekter i feltforsøk, fire uker etter utslipp av nytteneisoleren *S. carpocapsae*.

Effekt av nytteneisoleren *Steinernema carpocapsae* på gransnutebiller i stubber på en hogstflate (n=38)



Figur 4. Resultater fra en behandling med *S. carpocapsae* mot gransnutebiller i stubber på et hogstfelt.

Diskusjon

Resultater fra kartleggingsstudiene viste at arter av nytteneisoleren *Steinernema* er ganske vanlig forekommende på hogstflater, dette er også påvist i tidligere kartlegging i andre områder i Norge (Salinas 2002). Arten *S. kraussei* var mest vanlig. Studier i andre land tyder på at denne arten er mest vanlig i skogsjord (Spiridonov et al. 2004). Kartlegging for nytteneisolater i Norge er gjort tidligere, hovedsakelig på dyrket mark, og viser at de forekommer i hele landet fra sør, langs kysten, til nord (Svanvik i Sør-Varanger) (Haukeland 1993, Salinas 1996). Kartlegging for nytteneisolater er viktig for å øke kunnskapen om forekomst av nye arter i landet som kan studeres videre til bruk i biologisk bekjempelse eller andre studier.

I forsøkene ved ulike temperaturer med rotsnutebillelarver fant vi at noen av de norkisolerte artene er aktive (dvs. kan infisere og drepe larven) ved lav temperatur (6 °C), men to kommersielle preparater var også virksomme ved samme temperatur. Flere forsøk mot gransnutebillelarver, også med flere nytteneisoler, er nødvendig før noen endelig konklusjon kan trekkes om at en norkisolert nematode er mer aktiv ved lav temperatur enn de tilgjengelige kommersielle preparatene. En nytteneisoler som er aktiv ved lave temperaturer (under 12 °C) vil være effektiv mot gransnutebillelarver eller -pupper i en lengre periode av vekstsesongen.

I forsøkene med gransnutebille (larver og pupper) var det en forholdsvis høy mortalitet i kontrollen, sannsynligvis fordi insektene ikke fikk mat. Men det var aldri påvist nematodeinfeksjon i kontrollarvene. I det andre forsøket med *S. carpocapsae*, der larvene fikk bark å spise på, var mortaliteten i kontrollen lavere. Men her var det lav mortalitet av larvene behandlet med *S. carpocapsae*. Dette kunne skyldes at larvene åt seg inn i barken for å unngå å bli infisert med nematodene. En lengre eksponering, for eksempel en uke til, hadde kanskje gitt en høyere mortalitet. Likevel viste forsøket at nematodene kunne forflytte seg gjennom torv og infisere larven 10 cm unna.

Erfaringene fra feltforsøkene viste at det var vanskelig å bedømme om et felt var godt egnet for forsøk med nematoder med hensyn til antall larver i stubbene. Det var stor variasjon i mengden gransnutebiller i stubbene noe som gjorde det vanskelig å få tilstrekkelige data for statistisk analyse. Det var også svært tidkrevende å finne larver i røttene på stubber. I videre arbeid kan det tenkes at en laboratorieoppformering av larver, ved å samle inn biller som legger egg, kunne være nyttig. Men også med denne metoden er det ikke alltid lett å få nok materiale. I et laboratorieforsøk der 20 furukubber ble smittet naturlig med eggleggende gransnutebiller var 5 kubber helt uten larver. For de resterende kubbene var gjennomsnittet 3,9 larver/pupper per kubbe, med funn fra en til ti larver/pupper per kubbe (Eidet 1999).

En viktig del av arbeidet var praktisk utprøving av nyttenematoder i felt for å få erfaring med metoden. Resultatene fra feltforsøket i 2006 viste at det var en tendens til færre insekter i stubbene behandlet med nyttenematoder sammenlignet med ubehandlede stubber. Det var en reduksjon i antall gransnutebiller på litt over 50 %. Arbeider fra lignende forsøk i Irland har gitt tilsvarende resultater (Dillon et al. 2006) med *S. carpocapsae*. En annen nematodeart (*Heterorhabditis downesi*) fra Irland viste seg å være mer effektiv og ga en reduksjon i antall insekter per stubbe på 87 %. I Storbritannia, spesielt i Skottland, har nyttenematoder blitt tatt i praktisk bruk i bekjempelse av gransnutebiller, og i 2003 ble over 200 ha hogstflater behandlet. Resultatene fra Irland og Skottland tyder på at bruken av nyttenematoder kan være en bekjempelsesmetode mot gransnutebiller, men den må brukes sammen med andre kulturtiltak (Dillon et al. 2006).

Konklusjon

Forsøkene viste at nyttenematoder kan drepe både larver og pupper av gransnutebiller og at norskisolerte nyttenematoder kan være effektive. Det ble oppnådd nyttig erfaring både med gransnutebiller og i bruk av nyttenematoder i felt på hogstflater. Videre arbeid med nyttenematoder og gransnutebiller bør fokusere på testing av norskisolerte nyttenematoder og praktisk bruk av nyttenematoder i felt.

Abstract

The large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera: Curculionidae), is a major economical pest of young conifers throughout Europe and Asia. This pest causes severe damage and mortality to conifer seedlings that have not been protected. In consequence it is the only forest pest for which prophylactic chemical treatment is routine in many countries, including Norway. In this study we investigated the use of entomopathogenic nematodes against the immature stages of *H. abietis*. Entomopathogenic nematodes in the genera *Steinernema* and *Heterorhabditis* are used for biological control of certain pest insects. *H. abietis* weevils are attracted to clear cut areas and lay their eggs around stumps of pine or spruce. The immature stages (larvae/pupae) are found in the roots of the stumps. For control of this pest the aim is to reduce numbers of emerging weevils from stumps by killing the larvae and pupae with entomopathogenic nematodes by applying them around stumps.

To investigate the natural occurrence of entomopathogenic nematodes in forest soils we conducted several surveys in clear cut areas. *S. kraussei* was found to be most common. Some of the isolated nematodes from forest soil were tested for activity at low temperature. A few of the Norwegian isolates were active at low temperature (6 °C) but not more than commercial *S. feltiae* and *S. kraussei*.

In laboratory studies against *H. abietis* larvae and pupae, 80 % mortality was achieved against pupae and larvae for one of the Norwegian isolates.

Two field trials were conducted. Treatments were 2,5 million *S. kraussei* or 3 million *S. carpocapsae* applied to stumps. The number of larvae and pupae per stump was low and variable for the first trial (*S. kraussei*) so that no conclusions of the treatment could be made. In the second trial the num-

bers of insects (larvae, pupa and adult *H. abietis*) were reduced by just over 50 % in the stumps treated *S. carpocapsae*, compared to untreated stumps, but not significantly so.

These studies showed that larvae and pupae are susceptible to infections by entomopathogenic nematodes. Studies in Ireland and Scotland in the UK indicate that use of entomopathogenic nematodes as an alternative control method against *H. abietis* could be considered, but should be used together with silvicultural methods to minimize damage caused by this pest.

In Norway further field trials are necessary as well as studies on the efficacy of the different local nematode isolates.

Litteratur

- Christiansen, E. 1971. Time of attack in young reforestation areas by the Pine weevil (*Hylobius abietis* L.) (Coleoptera, Curculionidae) during feeding and oviposition. Meddelser fra Det norske Skogforsøksvesen 28: 421–427.
- Dillon, A.B., Ward, D., Downes, M.J. & Griffin, C.T. 2006. Suppression of the large pine weevil *Hylobius abietis* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in pine stumps by entomopathogenic nematodes with different foraging strategies. Biological Control 38, 217–226.
- Eidet, R.E. 1999. Bruk av den insektpatogene nematoden *Steinernema feltiae* mot gransnutebillen, *Hylobius abietis* L.: Spredning og infeksjon av *S. feltiae* i felt- og laboratorieforsøk. Hovedfagsoppgave i økologisk entomologi. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås 85 s.
- Gaugler, R. (Ed). 2002. Entomopathogenic nematology. CABI publishing UK. 388 Pp.
- Grewal, P.S., Ehlers, R-U. & Shapiro-Ilan, D.I. (Eds.) 2005. Nematodes as biological pest control agents. Cabi publishing, UK. 505 pages.
- Haukeland, S. 1993. Entomopathogenic nematodes found in Norway. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 7: 17–27.
- Haukeland, S. Klingen, I. & Brurberg, M.B. 2006. An overview of entomopathogenic nematodes in the Nordic countries including a first report of *Steinernema carpocapsae* (Steinerneatidae: Rhabditida). Russian Journal of Nematology 14, 139–146.
- Håggvar, E. 1996. Det zoologiske mangfoldet – Dyregruppenes systematikk, bygning og biologi. Universitetsforlaget, Oslo. 383 s.
- Kaya H.K. & Stock, S.P. 1997. Techniques in insect nematology. I: Lacey, L (Ed) Manual of techniques in insect pathology. Academic Press USA. 281–324 pp.
- Langström, F. & Day, K.R. 2004. Damage, control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. I: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A. Grégoire, J.-C. & Evans, H.F. (Eds.), Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 415–444.
- Lee, D.L. 2002 (Ed). The biology of nematodes. Taylor & Francis, London New York. 635 pp.
- Pezet, J. 2005. Entomopathogenic nematodes against the large pine weevil *Hylobius abietis* (L.). Internship report, Ecole National Supérieure Agronomique de Toulouse. (Tilgjengelig ved Bioforsk Plantehelse.).
- Salinas, H. S. 1996. Nematoder som nyttedyr – naturlig forekomst i Norge. Gartneryrket nr. 7: 13–17.
- Salinas, H. S. 2002. Entomopathogenic nematodes in Norwegian forest soils. Nematology 4: 197
- Spiridonov, S.E., Reid, A.P., Podrucka, K., Subbotin, S.A. & Moens, M. 2004. Phylogenetic relationships within the genus *Steinernema* (Nematoda: Rhabditida) as inferred from analyses of sequences of the ITS1–5.8S-ITS2 region of rDNA and morphological features. *Nematology* 6: 547–566.

Websider

<http://www.cost850.ch/>: COST 850 sine websider om nytteneematoder

www.entom.slu.se/snytbagge/index.htm: Sveriges Landbruksuniversitet sine websider om gransnutebillen

NATURLIG FORYNGELSE AV FURU

Per Holm Nygaard og Sverre Skoklefeldt
Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Bakgrunn

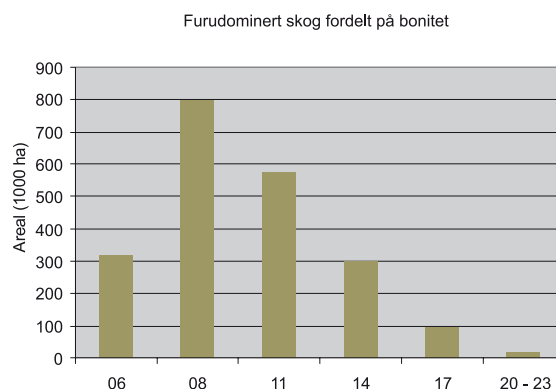
Dette bidraget bygger på erfaringer og resultater fra foryngelsesforskning utført ved tidligere Norsk institutt for skogforskning, og gir en oversikt og bakgrunn over en rekke forhold rundt naturlig foryngelse av furu. Deler av materialet er tidligere publisert av Skoklefeldt (1965; 1992; 1995; 1997; 1999).

Furu (*Pinus sylvestris*) var sammen med fjellbjørk (*Betula tortuosa* ssp. *czerepanovii*) de tidligste treslagene som vandret inn i Norge etter som isen trakk seg tilbake for ca. 10.000 år siden. Furu hadde sin største utbredelse i boreal periode (8000–9000 år før nåtid) med varme og tørre somre. Funn av blant annet makrofossiler tyder på at furua gikk inntil 300 meter høyere enn dagens klimatiske skoggrense (Barnekow & Sandgren 1999). Furu er et lyselskende, tørketålende treslag med vid økologisk amplitude både med hensyn til næring og fuktighet. Furuas dyptgående rotsystem gjør at den kan utnytte voksesteder hvor grana ikke trives. På midlere boniteteter med velutviklet jordsmonn er furua imidlertid mer konkurransesvak enn gran. Furu finnes i dag over hele landet, men i skogbrukssammenheng er Sørøst-Norge det viktigste området (Fig. 1).

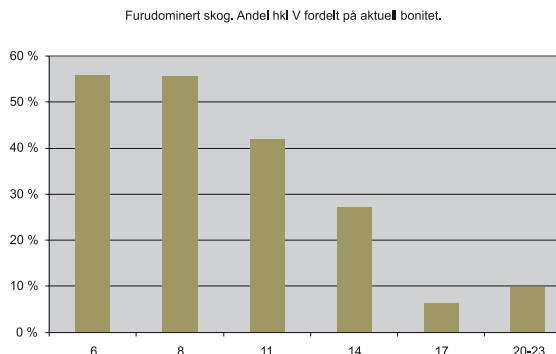


Figur 1. Utbredelse av furudominert skog basert på Landsskogtakseringens flatenett.

Arealmessig finnes den største andelen av furu på bonitetene 6–14 (Fig. 2). Hovedandelen av disse arealene forynges naturlig.



Figur 2. Arealfordeling av furudominert skog på bonitet (Landsskogtakseringen 2004).



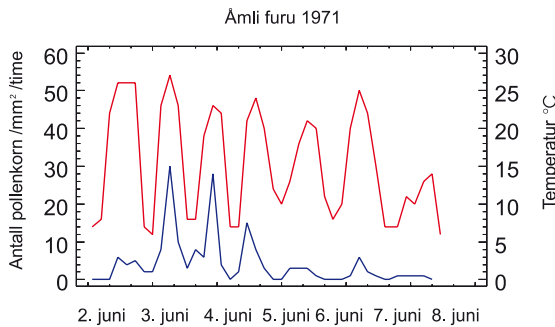
Figur 3. Prosentvis fordeling av hogstklasse V på aktuell bonitet (Landsskogtakseringen 2004).

Figur 3 viser at hovedtyngden av den hogstmodne skogen står på de lave bonitetene, og det er her størstedelen av foryngeshogstene og markberedning vil bli utført i fremtida.

Blomstring og frøsetting

I bartrærnes formeringsbiologi skiller det vanligvis mellom anleggsår, blomstringsår og frømodningsår. Blomsterknoppene dannes i anleggsåret, og det ser ut til at høy sommertemperatur i anleggsåret har

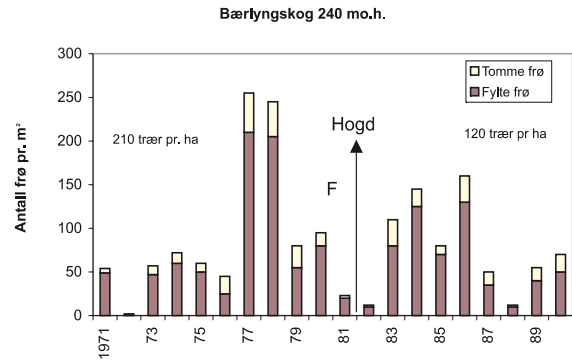
positiv effekt på blomstringen året etter. Blomstringstidspunktet om våren er i sterk grad temperaturavhengig, slik at høy temperatur fører til tidlig blomstring. Blomstringen skjer derfor tidligere i lavlandet enn i høyereliggende områder. I det samme høydelag blomstrer furua 12–14 dager etter grana (Skoklefald 1999).



Figur 4. Døgnlig variasjon i temperatur og pollenspredning hos furu.

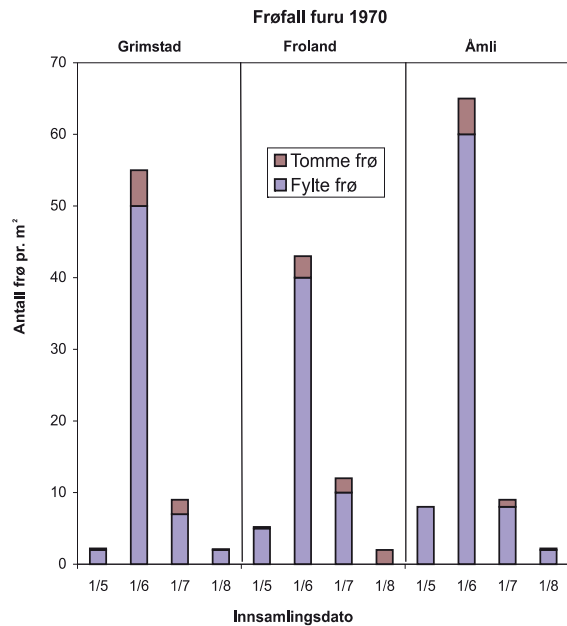
Pollenproduksjonen er blant de viktigste faktorer som er med på å bestemme frøproduksjonen hos furu. Pollenspredningen er sterkt temperaturavhengig slik at det meste av pollenet spres på døgnetts varmeste timer. En undersøkelse av pollenspredning hos furu (Skoklefald 1999) viste at i løpet av undersøkelsesperioden ble 80 % av furupollenet registrert mellom klokken 08.00 og 20.00 (Fig. 4). Produksjonen av pollen er lavest på de dårligste boniteter, og andelen nedfalte hunnblomster og ettårige kongler er også størst på de svake markene (Sarvas 1962). Befruktningen skjer hos furu året etter blomstring, i frømodningsåret.

Som kjent har sommertemperaturen avgjørende betydning for frømodningen, og over en viss høyde over havet (ca. 500 m), avhengig av stedets skoggrense og lokalklima, blir frømodningen ofte ufullstendig. I fjellskogen vil eksposisjonen ha stor betydning for frømodningen. Indirekte er dette blitt vist ved at frø fra furukronenes sørside gjennomgående modnes tidligere og bedre enn frø fra andre kroneeksposisjoner (Bergman 1976). Hos furu er frøsettingen betydelig jevnere enn hos gran, og i lavlandet i Sørøst-Norge produseres noe spiredyktig frø hvert år av høy kvalitet. Frøproduksjonen varierer imidlertid sterkt fra år til år. Figur 5 viser variasjon i frøproduksjon over en 20-årsperiode fra et forsøk i Åsnes (Skoklefald 1997).



Figur 5. Årlig frøfall i skjerm/frørestilling i Åsnes.

Furu slipper hovedtyngden av frøet over en relativt kort periode, og frøfallet i lavereliggende skog i Sørøst-Norge ser ut til å foregå i april-juni slik som undersøkelsene i Aust-Agder viste (Fig. 6) (Skoklefald 1999). I enkelte år med lav temperatur er frøfallet i april ubetydelig. På den annen side kan frøfallet på gunstige lokaliteter begynne så tidlig som sist i mars hvis temperaturen blir tilstrekkelig høy. Det konsentrerte frøfallet på våren og forsommeren favoriserer furu fremfor gran i foryngelsessammenheng, fordi det gir bedre frøkvalitet og høyere spireevne, sammenlignet med granfrø som har ligget lenge og fått redusert kvalitet. Frøfallet starter ca. fire uker senere i høytliggende skog, og fortsetter til utgangen av juli.



Figur 6. Frøfallstid hos furu i Aust-Agder hvor det meste av frøet falt i mai.

Valg av hogstform

Frøtrestillingshogst blir benyttet fortrinnsvis ved foryngelse av ren furuskog eller furudominert barblandingskog der furua gjensettes som frøtrær. Etter norsk terminologi settes igjen inntil 15 frøtrær pr. dekar, og særlig på grunn av vindfellingsrisikoen sjelden færre enn tre til fire trær. Antall frøtrær pr. dekar varierer med lokale forhold, men flest frøtrær benyttes på de høyeste boniteter.

Både ved skjerm- og frøtrestillingshogst er det fornuftig å sette igjen herskende og medherskende trær som samtidig har fyldige kroner. Disse produserer som oftest også mest kongler og frø, men også arvelige faktorer spiller en betydelig rolle. Spesielt viktig er det å velge gode frøprodusenter i glisne frøtrestillinger der relativt få trær skal besørge den nødvendige besåning.

Skjermstillingshogst, hogster der det står igjen mer enn 15 trær pr. dekar, har i Norge blitt lite brukt ved foryngelse av furu. Hogstformen kan likevel være aktuell å benytte i bærlyngskog der en vil satse på kvalitetsproduksjon i foryngelsesfasen, og hvor en samtidig vil dempe utviklingen av uønsket vegetasjon slik som smyle (*Avenella flexuosa*).

Det er imidlertid ikke noe skarpt skille mellom en skjerm og en frøtrestilling. Frøtrestillinger, særlig de tettete, vil også til en viss grad dempe vegetasjonsutviklingen, og selv relativt glisne frøtrestillinger vil redusere temperatursvingningene i det marknære sjikt. Skjerm- og frøtrær reduserer imidlertid også høydeveksten hos bartreplantene.

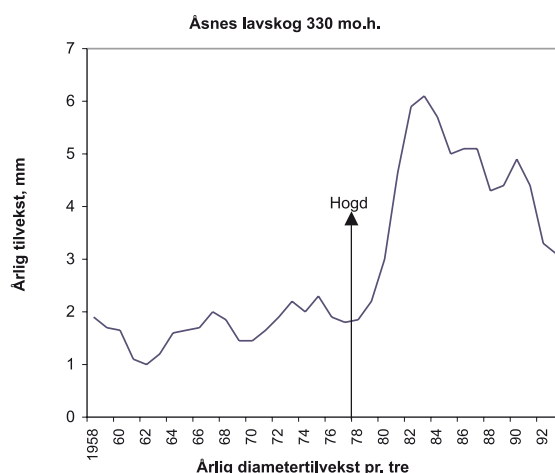
Snauhogst (småflatehogst)

På lettfor yngelig mark kan snauhogst, basert på frøspredning fra bestandskanter være aktuell. Hogstflatenes størrelse og utforming begrenses av avstanden til frøbærende skog. Flatekantene bør fortrinnsvis følge naturlige utforminger i landskapet. Ved besåning fra to kanter bør flatebredden helst ikke overstige 40–60 meter, avhengig av trehøyden på omkringstående skog. Hogstflater av denne type vil i praksis ikke bli store. Selv om hogstflatene er små, medfører snauhogst store miljøforandringer for furuplanter og annen vegetasjon. Solinnstrålingen øker kraftig om dagen og nettoutstrålingen blir vesentlig større i klare netter. Luft- og marktemperaturen blir høyere nær markoverflaten om dagen, men lavere om natten. For små bartreplanter innebærer økt sommertemperatur og frigjøring av næringsstoffer etter snauhogst bedre vekstmuligheter. Samtidig øker imidlertid risikoen for avgang gjennom større temperatursvingninger (uttørking,

frost). Hogstformen er særlig aktuell på marker med stort innslag av forhåndsgjenvækst, der denne fristilles og vil dominere den nye plantegenerasjonen.

Tilvekst i foryngelsesfasen

Flere undersøkelser har vist at skjerm- og frøtrærnes diameter-tilvekst øker raskt etter foryngelseshogster (Hagner 1962; Karlsson 2006). Forsøket i Åsnes viste at årlig diameter-tilvekst økte med inntil 300 %, og økt tilvekst ble registrert inntil 15 år etter hogstinngrepet (Skoklefald 1995).



Figur 7. Vekstreaksjon etter frøtrestillingshogst i lavskog.

Spiring og planteetablering

Fuktigheten er den faktor som mest begrenser spiring og planteetablering. I skogen er forholdene sjelden eller aldri optimale, men regnfulle somre gir gode muligheter for spiring og etablering. Ved naturlig foryngelse av furu opereres hovedsakelig på vegetasjonstyper hvor konkurransen med annen vegetasjon er langt mindre enn på granmark, og i tillegg er humussjiktet ofte tynt slik at småplantene lett får kontakt med mineraljorda.

Selv om tilgangen på vann har avgjørende betydning for den naturlige foryngelse, spiller også temperaturen en viktig rolle. Hvis det er nok varme og fuktighet, skjer både spiring og planteetablering raskt.

I fjellskogen vil umodent frø, kombinert med lav temperatur i spireleiet, føre til forlenget spiretid. For furuas vedkommende er i tillegg angrep av snøskytte (*Phacidium infestans*) og furuas knopp- og grentørkesopp (*Gremmeniella abietina*) mange steder et stort problem ved foryngelse av høytliggende skog.

Spireleiet er avgjørende for plantetilslaget, og selv bunnvegetasjon som mose og lav, hindrer spiring og den første planteutviklingen. Blant moseartene er storbjørnemose (*Polytrichum commune*) ubetinget den sterkeste konkurrenten for furuplantene. I tette bestand av denne mosen som kan bli opptil 30 cm høy, er det ingen muligheter for planteetablering.

For øvrig er det særlig høyvokst vegetasjon som skaper problemer for den naturlige foryngelse, konkurransen om lys, vann og næring reduserer furuplantenes vekst og utvikling i slik vegetasjon. Blant grasartene kan for eksempel smyle skape problemer ved foryngelse av bærlyngskog.

Av lyngartene kan tette bestand av røsslyng (*Calluna vulgaris*) skape store problemer for foryngelsen. Røsslyngdominans er særlig utpreget på mager mark i høytliggende skog. Tidligere ble flatebrenning ofte benyttet, og foryngelsesforholdene ble da radikalt forbedret.

Flere arter synes å ha allelopatisk virkning på bartreplanter. Fjellkrekling (*Empetrum hermaphroditum*) har for eksempel en slik virkning som reduserer frøspiringen hos både furu og gran (Nilsson & Zackrisson 1992).

Det er her nevnt noen eksempler på vegetasjon som kan skape større eller mindre problemer for den naturlige foryngelse. På våre råhumusmarker vil imidlertid humus av ulik kvalitet og tykkelse være et større problem. Råhumus er et særdeles dårlig spireleie som lar regn trenge gjennom, men som hindrer kapillærtransport av vann nedefra. Med økende humustykkelse blir etableringsforholdene dårligere.

Undersøkelser har vist at mineraljord gir de beste vilkårene for spiring og planteetablering (Hagner 1962; Skoklefald 1965). Fuktighetsforholdene er her langt mer stabile enn i humus, spesielt i råhumus. I blottlagt mineraljord vil også temperatursvingningene reduseres (Bjør 1971). Varme ledes nedover i jordprofilen, slik at overflatetemperaturen ikke blir så høy som i råhumus. Blottlagt mineraljord tar opp og lagrer varme om dagen. Om natten avgis varmen, og dermed reduseres frostfaren for bartreplantene. Et viktig hjelpetiltak for å oppnå god foryngelse er markberedning. Markberedning har vist å bedre etableringen på råhumusmarker, og å føre til økt overlevelse i foryngelsen som følge av redusert vegetasjonskonkurranse og mindre gransnutebilleangrep. Markberedning er nærmere beskrevet i de to påfølgende artiklene.

Litteratur

- Barnekow, L. & Sandgren, P. 2001. Paleoclimate and tree-line changes during the Holocene based on pollen and plant macrofossil records from six lakes at different altitudes in northern Sweden. *Review of Paleobotany and Palynology* 117: 109–118.
- Bergman, F. 1976. Kott- och fröegenskaper i skilda krondelar hos tall i norra Sverige. - Skogshögskolan, Inst. för skogsförnyring, rapporter och uppsatser nr 68: 162 s.
- Bjør, K. 1971. Forstmeteorologiske, jordbunnsklimatiske og spireøkologiske undersøkelser. *Med. dek. Norske Skogforsøksvesen* 28: 429–526.
- Hagner, S. 1962. Naturlig förnyring under skärm. En analys av förnyringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellan-norrländsk skogsbruk. *Meddn St. SkogsforsknInst.* 52(4): 1–263.
- Karlsson, C. 2006. Fertilization and release cutting increase seed production and stem diameter growth in Scots pine (*Pinus sylvestris*) seed trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21: 4, 317–326.
- Nilsson, M-C. & Zackrisson, O. 1992. Inhibition of Scots pine seedling establishment by *Empetrum hermaphroditum*. *J.Chem.Ecol.* 18: 1857–1870.
- Sarvas, R. 1962. Investigation on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. *Commun. Inst. For. Fenn.* 53 (4): 1–198.
- Skoklefald, S. 1965. Forsøk med ulike spireleiebehandlinger i samband med direkte såing av gran- og furufrø. *Meddr norske SkogforsVes.* 20: 205–247.
- Skoklefald, S. 1992. Naturlig foryngelse av gran og furu. Norsk institutt for skogforskning 75 år. Rapport fra Skogforsk 12/92.
- Skoklefald, S. 1995. Naturlig gjenvækst i frøtrestillinger av furu. Rapport fra Skogforsk 3/95.
- Skoklefald, S. 1997. Naturlig foryngelse av barskog. Forelesning ved doktorand-kurs, SLU, Umeå, Sverige.
- Skoklefald, S. 1999. En undersøkelse av pollen-spredning, frømodning og frøfallstid i gran og furubestand. Internrapport fra Norsk institutt for skogforskning, Ås.

SKÅNSOM MARKBEREDNING: MARKBEREDNINGSAGGREGATET MARKUS

Morten Nitteberg og Per Holm Nygaard
Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Innledning

Mekanisk markberedning er et viktig hjelpetiltak i foryngelsesarbeidet, og en lang rekke undersøkelser har vist at markberedning fører til bedre etablering, økt vekst og overlevelse (Örlander et al. 1990; Lammi 2006). Frem til midten av forrige århundre var flatebrenning den viktigste metoden for markberedning, og det ble brent ca. 15.000 da årlig (Strømsøe 1960). Men med en stadig økende kritikk av flatebrenning spesielt fra miljøsidene, opphørte flatebrenning som hjelpetiltak, og banet vei for mekanisk markberedning. Innledningsvis ble mekanisk markberedning utført manuelt med hakke/spade, men den tekniske utviklingen av skogsmaskiner med stadig bedre fremkommelighet i terrenget, åpnet for nytt utstyr for markberedning, som for eksempel den norskproduserte Imsetharven (Samset 1951). Markberedning har blitt mer variert de siste tiåra og det finnes utstyr som er spesielt tilpasset for stripemarkberedning, flekkmarkberedning og varianter som hauglegging, inversmetoden og pløying (Strømnes 1983; Hofsten & Gustafsson 2003; Lindroos 2004). Det er også utviklet utstyr for alternative metoder, slik som bruk av vanndamp (Norberg et al. 1997). Omfanget av markberedning i Norge har vært beskjedent sammenlignet med våre naboland, men fra 1980 og frem til i dag har arealet steget fra 20.000 da og stabilisert seg på ca. 70.000 da (LD Rapport 2001),

men behovet for markberedning er antatt å være langt større (Ludahl & Nygaard 2007).

Til tross for de gode erfaringene i foryngelsesarbeidet har markberedning blitt kritisert fra ulike hold. En del av kritikken har gått på faren for økt avrenning av næringsstoffer som på lang sikt kan medføre lavere produksjon (Lammi 2006), og miljømessige konsekvenser for vannkvalitet gjennom avrenning av toksiske elementer slik som metylert kvikksølv til vann og vassdrag (Hultberg et al. 2006). Spesielt har markberedning blitt kritisert på grunn av faren for å ødelegge kulturminner slik som fangstgroper, graver og fornminner knyttet til tidligere utnyttelse av skogområdene (Bernes 2001; Risbøl 2005). I landskapssammenheng har kritikken vært rettet mot estetiske sider ved markberedning, og negative konsekvenser for andre brukere innen friluftsliv og rekreasjon (Notat 2001–5). Levende Skog presiserer også at markberedning skal gjennomføres på en skånsom måte der en tar hensyn til biologisk viktige områder, stier, bekker, erosjonsfare og kulturminner (Levende skog 1998).

Mye av det utstyret som er i bruk i Norge frem til i dag har vært tunge aggregater slik som LeNo og Bräcke. Med et stort antall av små skogeiere og dagens miljøkrav er det også et behov for lettere utstyr.



Figur 1. Prototype av markberedningsaggregatet Markus.

Nytt markberedningsaggregat

Ved Norsk institutt for skog og landskap er det utviklet et markberedningsaggregat for overflatebehandling. Aggregatet er utviklet for å være et alternativt tilbud til de som ønsker skånsom markberedning.

Markberedningsaggregatet «Markus» er utviklet for traktormontering, og konstruert som en fres som slepes bak traktoren (Figur 1). Aggregatet er bygget opp med en hovedramme med stålmeier og en bevegelig innvendig ramme som er hengslet i forkant.

I den indre rammen er det opplagret en horisontal trommel med kjettinger som roterer med en hastighet på ca. 850 rpm. Trommelen har 12 kjettinger, og i enden på hver kjetting er det en ståldisk på 0,6 kg (Figur 2). Disken har som oppgave å øke kraften i freseoperasjonen og å virke som et slitestål for kjettingene. Det er for øvrig samme disker som sitter på mineryddere, men med redusert størrelse.



Figur 2. Fresetrommel med kjettinger og disker.

Aggregatet har egen hydraulisk pumpe og motor og tank, og tilkobles krafttutaksakselen på traktoren. Hydraulikksystemet opererer med et trykk på 250 bar og pumpekapasitet på 33 liter/min. Nødvendig effektbehov for å drive hydraulikken og trekke aggregatet er ca. 50 kW (70 hk). Et utvalg av tekniske data er vist i tabell 1.

Tabell 1. Utvalgte tekniske data for Markus LM 02.

Vekt på aggregatet	Ca. 450 kg
Hastighet fresetrommel	850 rpm
Trykk hydraulikk	250 bar
Bredde på markberedningsflekk	45 cm
Lengde på markberedningsflekk	>30 cm
Effektbehov traktor	50 kw

Markberedningen skjer ved at trommelen med kjettinger roterer i kjøreretningen og freser opp humuslaget og avdekker mineraljorden. Rammen med trommelen beveger seg opp og ned med en hydraulikksylinder som er koplet til hydraulikkuttaket bak på traktoren. Det innebærer at lengden på markberedningsflekk er avhengig av hvor lenge trommelen er nede, og tilsvarende er avstanden mellom flekkene avhengig av hvor lenge trommelen er oppe. Denne bevegelsen styres av en elektronisk enhet med sekvensstyring.

I og med at tykkelsen på humuslaget varierer, er det behov for å kunne justere hvor dypt kjettingen med ståldisken skal frese. Det gjøres ved å bytte støtteben for meiene, og det er også justeringsmulighet på innfestingen av sylinderen.

Foreløpige erfaringer

Aggregatet har i løpet av sommeren 2006 vært demonstrert på skogdager, og testet på flere forsøksfelt, med ulike terrengforhold, geomorfologi og vegetasjonstyper. Aggregatet har stort sett fungert teknisk bra, med unntak av noen barnesykdommer som har blitt rettet opp underveis.

Begrensningene er først og fremst knyttet til traktorens fremkommelighet i terrenget, og for aggregatet forekomsten av stor stein og mengden friskt hogstavfall på flata. På vegetasjonstypene lavskog, bærlyngskog og blåbærskog har aggregatet fungert tilfredsstillende og foryngelsesresultatet etter såing skiller seg lite fra markberedning med LeNo aggregat (Nygaard & Brean 2007).

Så langt kan det konkluderes med at Markus LM 02 er et alternativ for den som skal utføre lett markberedning på mindre arealer og som et verktøy for skjøtsel av bynære skoger og markberedning i reservater.

Referanser

- Bäckström, P.O. 1986. Utvecling och forskning om skogsforyngring i Sverige efter 1950. Medd. Nor. inst. skogforsk. 39(1): 330–341.
- Bernes, C. 2001. Monitor 17, Läker tiden alla sår? Naturvårdsverket förlag.
- Hofsten, H. & Gustafsson, J-H. 2003. Markberedning med fylljord – en skonsam metod på stengiga och kulturmiljøkänsliga marker.
- Hultberg, H., Hultgren, S. & Pleijel, H. 2006. Luftföroreningar, miljø og framtid. 35 års forskning om skog, mark och vatten. Gårdsjøstiftelsen och Naturcentrum AB.
- Lammi, E. 2006. Markbehandling på boreal skogsmark med fokus på markberedning – en litteraturoversikt. Examensarbeten 2006–5. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Levende Skog. 1998. Standarder for bærekraftig norsk skogbruk bransjeprojektet for skog og miljø.
- Lindroos, O. 2004. Sammanställing av småskalig skogsutrustning. Del 2. Traktorburna markberedningsaggregat. FÖR-programmet, Institutionen för skogsskötsel, Avd för skogsteknologi.
- LD rapport 2001. Strategier for etablering og stell av skog i Norge. Rapport fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Landbruksdepartementet.
- Ludahl, A. & Nygaard, P.H. 2007. Kontroll av forynghesfelt i perioden 1995–2005.
- Norberg G., Jäderlund A, Zackrisson O, Nordfjell T, Wardle D., Nilsson M.C. & Dolling A. 1997. Vegetation control by steam treatment in boreal forests: A comparison with burning and soil scarification. Canadian Journal of Forest Research 27: 2026–2033.
- Notat 2001–5. Friluftsliv i mulighetenes land. Landskonferanse friluftsliv. Trondheim 6.-8. juni 2001. Direktoratet for naturforvaltning.
- Nygaard, P.H. & Brean, R. 2007. Skånsom markberedning i høyereliggende furuskog. Forskning fra Skog og landskap 3/2007 61–65
- Risbøl, O. 2005. Preindustrial technology in Norwegian forest areas – a vulnerable cultural heritage. I: Proceedings from the international Conference Heritage of Technology- Gdansk outlook 4. Gdansk University of Tecnology.
- Samset, I. 1951. Markberedning med maskiner og håndkraft. Meddr norske SkogforsVes. 39: 182–307.
- Strømnes, R. 1983. Maskinell markberedning og manuell planting. Norsk Skogbruk 3/1983.
- Strømsøe, B. 1960. Flatebrenning. Skogbruksboka, Skogforlaget, Oslo.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. 1990. Site Preparation, a Swedish overview. FRDA Rep No. 105. Econ & Regional Dev. Agree. B.C., Canada.

SKÅNSOM MARKBEREDNING I HØYERELIGGENDE FURUSKOG

Per Holm Nygaard og Roald Brean
Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Innledning

Naturlig foryngelse med frøtrestilling er den vanligste metoden å forynge furu på i Norge selv om det også plantes noe furu. I høyereliggende skog kan tilgangen på modent frø være dårlig og foryngelsesresultatet er mer usikkert enn i lavereliggende strøk, hvor tilgangen på modent frø er god (Skoklefeldt 1995). Blomstring og frømodning hos furu skiller seg fra gran ved at det tar to år, mens grana fullfører blomstring og frømodning i løpet av et år. Denne forskjellen gir muligheter når det gjelder markberedning, i og med at vi kan forutsi et godt frøfall inntil to år i forveien, og kan markberede til rett tid (Karlsson & Örlander 2000). Metoder for markberedning er utviklet for ulike voksesteder og foryngelsestyper (Örlander et al. 1990). Erfaringene med markberedning har så langt vist at dette er et viktig hjelpetiltak for å sikre god foryngelse. De ulike markberedningsteknikkene har likevel blitt kritisert med hensyn til økt fare for avrenning og utvasking av næringsstoffer, ødeleggelse av kulturminner, tap av biologisk mangfold, og som et negativt element i landskapsbildet (Bernes 2001; Risbøl 2005; Lammi 2006).

Formålet med denne undersøkelsen har vært å sammenligne lett (skånsom) markberedning med tradisjonell markberedning for å finne ut hvor lite markberedning som trengs for å gi tilfredsstillende foryngelse, samt å beskrive viktigheten av å markberede til rett tid ved hjelp av enkle frøprognoser.

Materiale og metoder

Det er i alt anlagt tre markberedningsforsøk i Trysil kommune. Forsøkene er lokalisert til Slettåsen (500 m.o.h.), Smolbekken (610 m.o.h.) og Brunsdalen (650 m.o.h.). Den følgende presentasjonen tar utgangspunkt i forsøket på Slettåsen, hvor vi har resultater fra tre vekstsesonger.

Forsøket på Slettåsen ligger i en ca. 140 år gammel mager furuskog på bærlyngtype med noe isprengt lavskog på de tørreste voksestedene. Boniteten er F11 med 16m³ pr. dekar.

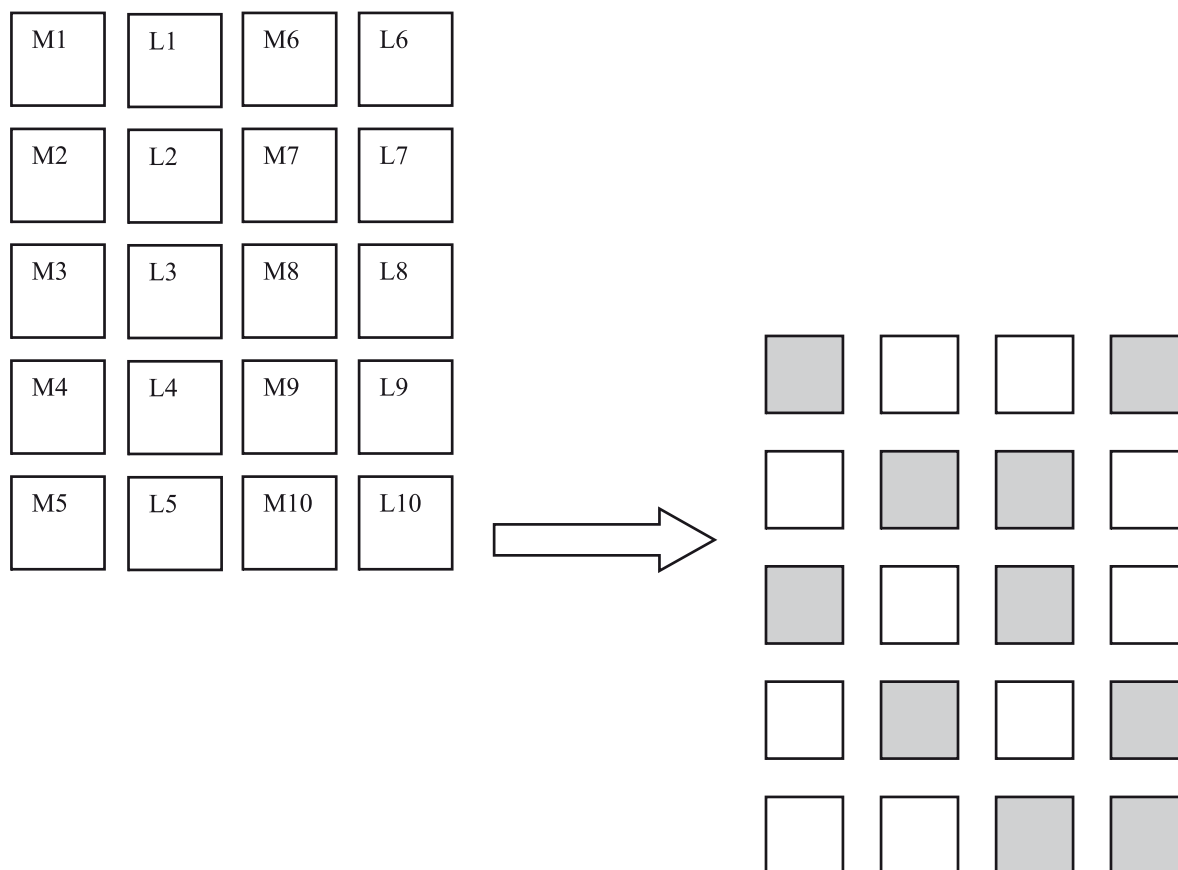
Berggrunnen består av sandstein, trysilsandstein, og jordsmonnet er et velutviklet podsolprofil.

Omtrent 150 da ble satt i frøtrestilling med fem frøtrær pr. dekar i 2002. Feltet ble markberedt med Leno-aggregat og Markus-aggregat (skånsom markberedning) i 2004 (Fig. 1).



Figur 1. Markberedning i frøtrestillinga på Slettåsen. Arealet til høyre på bildet markberedes med Leno-aggregat, mens det på arealet til venstre er foretatt skånsom markberedning med Markus-aggregat.

Forsøket er lagt opp med 20 behandlingsruter på 16 m x 22 m (Fig. 2). Ti ruter (L1–L10) er markberedt med Leno-aggregat og 10 er markberedt med Markus-aggregat (M1–M10). Innenfor den enkelte behandlingsrute er det målt inn 20 markberedningsflekker på 40 cm x 40 cm. Ti tilfeldig utvalgte flekker er sådd til med 100 furufrø fra Trysil, sankeområde Aø, høydelag 4, mens de ti andre er reservert for naturlig frøfall (Fig 2).



Figur 2. Forsøksopplegget på Slettåsen med 20 ruter og to behandlinger: Markus (M1–M10) og Leno (L1–L10).

Det ble sådd i juni 2005 og juni 2006, frøene ble sådd for hånd direkte i flekkene uten nedmulling eller annen tildekking. Registrering av etablering og avgang av spireplanter er utført høsten 2005, våren 2006 og høsten 2006. Årgangene er merket med plastpinner av ulik farge slik at etablering og avgang av spireplanter i markberedningsfleckene kan følges over tid (Fig. 3).

I 2004, 2005 og 2006 ble det felt henholdsvis seks, tre og tre frøtrær for å utarbeide frøprognose for feltet. Frøtrærne ble felt i god avstand fra forsøket slik at det naturlige frøfallet inne på forsøksflata ikke ble påvirket.

Samtlige toårige kongler ble samlet fra frøtrærne, mens ettårige kongler ble samlet fra de to øverste

meterne av krona. Et utvalg av kongleprøvene ble klenget. Tomfrøbestemmelse er gjort med røntgen og spireevne er testet etter spiring i tre uker. Frøanalysene er utført ved skogfrøverket på Hamar. I tillegg ble det registrert høyde, diameter og alder i brysthøyde, kronelengde og største kronebredde. Målinger av frøtrær er vist i tabell 1.

Spiring og etablering etter såing og naturlig foryngelse ble for den enkelte behandlingsruta beregnet som middel av registreringene på de 10 markberedningsfleckene innen ruta.

Nullruteprosent for naturlig foryngelse er beregnet på grunnlag av markberedningsfleckene (40 cm x 40 cm) i den enkelte behandlingsruta.

Tabell 1. Frøtredata fra forsøksfeltet.

	2004	2005	2006
Diameter 1.3 (cm)	29.8 ± 3.3	32.7 ± 5.0	32.8 ± 4.5
Høyde (m)	21.9 ± 3.0	18.6 ± 2.1	18.9 ± 2.4
Kronelengde (m)	9.4 ± 1.8	11.6 ± 2.0	12.2 ± 1.1
Kronebredde (m)	3.7 ± 0.7	4.0 ± 0.5	5.3 ± 1.0
Alder (år)	145 ± 7.5	176 ± 16.3	195 ± 40.4

Sammenligning mellom de to markberedningsmetodene er gjort med utgangspunkt i behandlingsrutene (n=10) og testet med variansanalyse (ANOVA).



Figur 3. Markberedningsflekk med spireplanter, gule pinner viser 2005-årgangen, grønne pinner viser 2006-årgangen.

Resultater og diskusjon

Registreringen av spiring og etablering etter såing for de to markberedningsaggregatene Leno og Markus er vist i figur 4. Middelerdien for antall levende spireplanter første høsten etter såing der Leno er brukt ligger på 10 pr. flekk, mens den tilsvarende verdi der Markus er brukt var 7 pr. flekk. Det er noe større avgang av planter etter markberedning med Leno det første året sammenlignet med Markus. Selv om det var lite nedbør forsommeren 2006 er den videre avgangen ubetydelig.

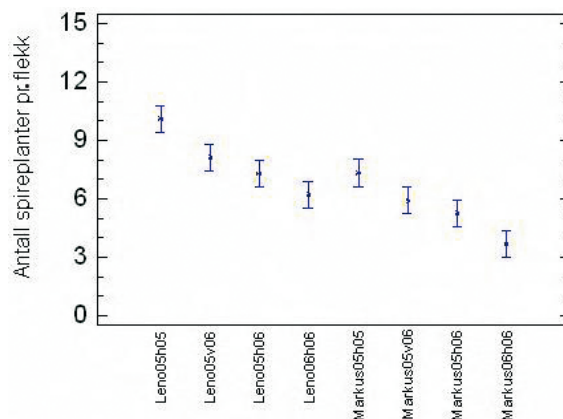
Ny såing i de samme flekkene våren 2006 viste lavere antall spireplanter for begge metoder sam-

menlignet med såingen i 2005 ($p < 0,01$). Dette kan forklares med økt gjengroing av flekkene, men også forskjeller i vekstsesongen med hensyn til nedbør og temperatur. Igjen ble det registrert høyere antall spireplanter etter markberedning med Leno sammenlignet med Markus.

Etableringen etter begge såingene ligger under 10 % av frøantallet. Predasjon og ugunstig spireleie antas å være viktige årsaker til dette.

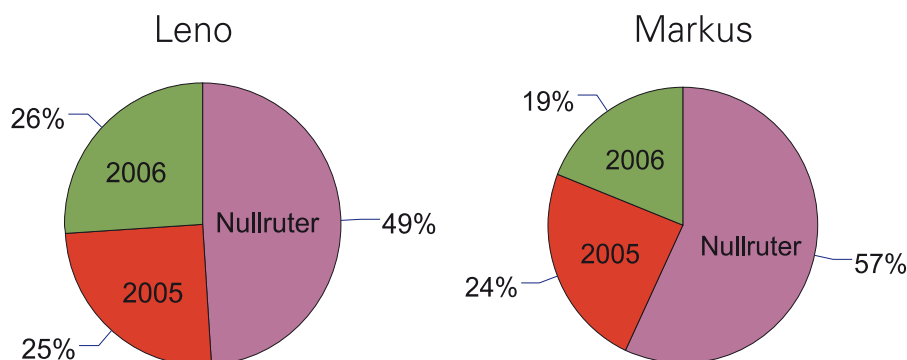
Den høyere etableringen av såing etter markberedning med Leno tyder på at det er noe gunstigere spireleie der enn etter markberedning med Markus. En forklaring kan være at den hardere markberedningen blottlegger mer mineraljord.

Resultatene viser at når foryngelsen først er etablert og har overlevd et år, er sannsynligheten for videre overlevelse stor.



Figur 4. Antall levende spireplanter i sådde flekker etter markberedning med Leno og Markus.

* 05h05 angir sådd i 2005 og registrert høsten 2005, 05v06 angir sådd i 2005 og registrert våren 2006, 05h06 angir sådd 2005 og registrert høsten 2006 og 06h06 angir sådd i 2006 og registrert høsten 2006.

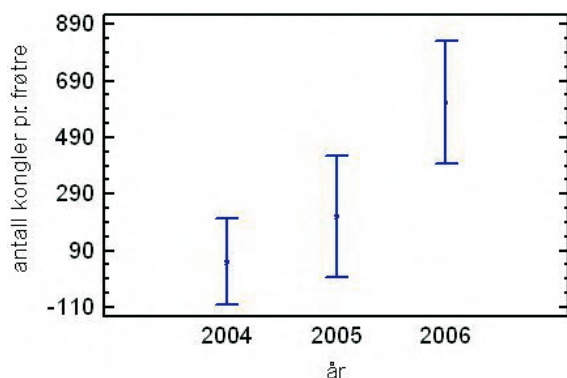


Figur 5. Etablering av naturlig foryngelse etter markberedning med Leno og Markus. Foryngelse etablert i 2005 (rød) og foryngelse etablert i 2006 (grønn) samt nullruteprosent 2006 (fiolett).

Et år etter markberedning ble det registrert naturlig foryngelse i ca. 25 % av de undersøkte flekkene. I løpet av 2006 økte etableringen med 26 % etter markberedning med Leno og 19 % etter markberedning med Markus. I 2006 var nullruteprosenten etter markberedning med Leno på 49 % mens den tilsvarende verdi etter markberedning med Markus var 57 % (Fig. 5).

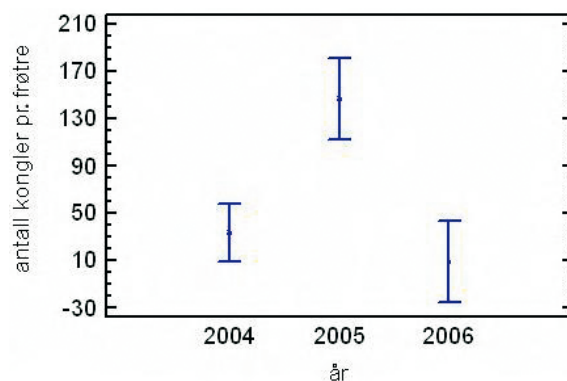
Bare unntaksvis ble det registrert mer enn en plante pr. flekk, slik at foryngelsen her er sårbar for angrep av sopp, insekter og påvirkninger fra vegetasjonskonkurranse, allelopati og mikroklimatiske ugunstige forhold.

Den viktigste årsaken til lite naturlig foryngelse to år etter markberedning er likevel dårlig tilgang på frø (Fig. 6 og 7).



Figur 6. Utviklingen av antall toårige kongler i frørestillinga innen forsøket.

Av figur 6 fremgår det at 2004 og 2005 var dårlige frøår, mens 2006 var et godt frøår. Det er først i 2007 det blir et godt frøfall innen feltet. Den samme situasjonen gjenspeiles i registreringen av ettårige kongler (Fig. 7).



Figur 7. Utviklingen av antall ettårige kongler i frørestillinga innen forsøket.

Så langt har forsøkene med markberedning vist at etter såing er det bedre tilslag og etablering etter markberedning med Leno enn med Markus. Men med godt frøfall kan begge metoder gi tilfredsstillende foryngelse på sikt. Med hensyn til naturlig foryngelse er det for tidlig å vurdere metodene i forhold til hverandre, men vurdert ut fra den dårlige frøtilgangen i 2005 og 2006 må etableringen i flekkene sies å være god.

Det er først i 2007 det blir et godt frøfall i forsøket. Forsøket viser klart viktigheten av å markberede til rett tid, det vil si forut for et godt frøår. På grunnlag av enkle registreringer av kongletall i 2005 kunne frøåret 2006 lett forutsees, og markberedningen her burde vært utsatt til høsten 2006.

Etterord

Forsøket i Ljørdalen er anlagt i samarbeid med SB skog. En spesiell takk til Jon Egil Bekkevold fra SB skog, som har bidratt aktivt i planlegging og gjennomføring av forsøket, og som alltid har stilt opp når det har vært behov for det.

Abstract

Two different soil scarifiers have been compared for natural regeneration of Scots pine. The Leno aggregate which is common in use and the Markus aggregate which is designed for mild soil scarification. Preliminary results showed only smaller differences in establishment after sowing and natural seed dispersal within this experiment.

Litteratur

- Bernes, C. 2001. Monitor 17, Läker tiden alla sår? Naturvårdsverket förlag.
- Karlsson, C. & Örlander, G. 2002. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. Scand. J. For. Res. 15, 256–266.
- Lammi, E. 2006. Markbehandling på boreal skogsmark med fokus på markberedning – en litteraturoversikt. Examensarbeten 2006–5. Institutionen för skogskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Risbøl, O. 2005. Preindustrial technology in Norwegian forest areas – a vulnerable cultural heritage. I: Proceedings from the international Conference Heritage of Technology – Gdansk outlook 4. Gdansk University of Technology.
- Skoklefald, S. 1995. Spot scarification in a mountainous Scots pine forest in Norway. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 567: 85–90.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. 1990. Site Preparation, a Swedish overview. FRDA Rep No. 105. Econ & Regional Dev. Agree. B.C., Canada.

Forfatterinstruks for Forskning fra Skog og landskap

- Manus skrives i Word 12 punkt skrift med 1 ½ linjeavstand, ren tekst; uten bruk av stiltyper i word.
 - » Forord
 - » Sammendrag
 - » Innledning
 - » Materiale og metode
 - » Resultat
 - » Konklusjon/diskusjon
 - » Litteratur
- Titler skal identifiseres ved hjelp av nummerering; 1., 1.1., 1.2., 2., 2.1., osv.
- Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- Latinske navn skal skrives i kursiv.
- Som desimalskille i tall skal det brukes komma på norsk og punktum på engelsk.
- Alle tabeller og talloppsett som skrives i Word, skal være med tabellfunksjonen (ikke bruk tabulator), og plasseres i teksten der det skal stå.
- Alle tabeller, figurer og bilder som er laget i andre programmer enn Word, skal vedlegges i sitt originale filformat. Velg gode størrelser i fontene så figurene beholder sin lesbarhet når de skaleres/nedfotograferes.
- Merk i manuset hvor tabeller/bilder/figurer i annet format enn Word skal inn. Skriv også inn tabell/bilde/figuratekst her.
- Strektykkelsen i figurer og grafer må ikke være mindre enn 0,11 mm, det vil si ¾ punkt.
- Tenk lesbarhet i grafer. Farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart/hvit gjengivelse.
- Redaktøren tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien.

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

tlf.: +47 64 94 80 00
faks: +47 64 94 80 01

nett: www.skogoglandskap.no

REGIONKONTOR
NORD-NORGE

adr.: Skogbrukets hus
NO-9325 Bardufoss

REGIONKONTOR
MIDT-NORGE

adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

