

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 1/10

NATURLIG FORYNGELSE ETTER MARKBEREDNING PÅ MIDDELS BONITET (G14)

Natural regeneration after scarification on
medium site index (G14)

Aksel Granhus 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

Utgever:

Norsk institutt for skog og landskap

Redaktør:

Bjørn Langerud

Dato:

Mars 2010

Trykk:

07 Gruppen AS

Opplag:

1000

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 978-82-311-0103-1

ISSN 1890-1662

Omslagsbilde:

Markberedning i Stange

allmenning, oktober 2008.

Aksel Granhus, Skog og landskap

Forskning fra Skog og landskap - 1/10

NATURLIG FORYNGELSE ETTER MARKBEREDNING PÅ MIDDELS BONITET (G14)

Natural regeneration after scarification on medium site
index (G14)

Aksel Granhus og Inger Sundheim Fløistad

FORORD

I denne rapporten har vi sammenstilt resultater fra en taksering av naturlig foryngelse etter markberedning på bonitet G14 i Romedal og Stange allmenninger (RASA). Arbeidet inngår som det første av to delprosjekt i «*Prosjekt G14 Strategi for optimal foryngelse på midlere boniteter*» (2008–2010). Allmenningene er prosjekteier og har ytt betydelig økonomisk og praktisk støtte til prosjektet, mens Norsk institutt for skog og landskap og Bioforsk Plantehelse har hatt ansvar for å gjennomføre den forskningsfaglige delen. Prosjektet har vært finansiert av Skogtiltaksfondet, RASA, Fylkesmannen i Hedmark og Stange kommune. En prosjektgruppe bestående av driftssjefene Jørgen-Petter Nermo og Even Sveen (begge RASA), fylkesskogmester Torfinn Kringlebotn (Hedmark) og skogbrukssjef Karl Owren (Stange kommune) har gitt verdifulle faglige innspill underveis. Jørgen-Petter Nermo og Even Sveen har alltid vært beredt til å stille opp på kort varsel i forbindelse med utvalg av bestand, den praktiske organiseringen av takstarbeidet, og med svar på spørsmål underveis. Takseringsarbeidet har vært utført av ansatte i RASA og skogfagstudentene Håvard Dufseth og Espen Martinsen ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap. Håvard Dufseth og Roald Brean har bidratt med tilrettelegging av data og utarbeidelse av kartet i rapporten. Håvard Dufseth, Kjersti Holt Hanssen og Bernt-Håvard Øyen har lest en tidligere versjon av manuskriptet og bidratt med forslag til forbedringer. En stor takk rettes til samtlige.

Ås, mars 2010

Aksel Granhus og Inger Sundheim Fløistad

INNHold

Sammendrag	4
Summary	5
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	7
2.1. Utvalg av bestand	7
2.2. Organisering av feltarbeidet	9
2.3. Utlekking av prøveflatene	9
2.4. Registreringer på prøveflatenivå	9
2.5 Registreringer på bestandsnivå	10
2.6. Beregninger og statistiske analyser	10
2.6.1. Datagrunnlaget	10
2.6.2. Planteetablering	11
2.6.3. Nullruteberegninger	11
3. Resultater	11
3.1. Bestandsforhold	11
3.2. Planteetablering bartrær	12
3.2.1. Gran	12
3.2.2. Furu	15
3.2.3. Nullruter bartrær	16
3.3. Lauvtreplanter	18
3.4. Høydeutvikling	18
4. Diskusjon	18
4.1. Etablering av gran	18
4.2. Etablering av furu	19
4.3. Vurderinger rundt foryngelsessituasjonen på feltene	20
4.4. Markberedningens utførelse	21
4.5. Konklusjoner	21
Litteratur	22

SAMMENDRAG

Granhus, A. og Fløistad, I. S. 2010. Naturlig foryngelse etter markberedning på middels bonitet (G14). *Natural regeneration after scarification on medium site index (G14)*. Forskning fra Skog og landskap 01/2010: 1-22.

Denne rapporten presenterer resultatene fra en taksering av naturlig foryngelse i 99 bestand på bonitet G14 i Romedal og Stange allmenninger. Arealene ble markberedt i perioden 2001–2006, og var avvirket ved flatehogst der målet var naturlig foryngelse av gran basert på frø fra bestandskant. Takseringen ble gjennomført i juni – oktober 2008. Arealene fordelte seg med 29 bestand i bærlyngskog, 52 bestand i blåbærskog, og 18 bestand i småbregneskog. Granplanter som hadde spirt våren 2007 (toårig gran) utgjorde det største bidraget til foryngelsen i de fleste bestandene. Antall småplanter av gran avtok imidlertid med økende alder på feltene. Dette kan tilskrives fravær av gode frøår for gran i perioden 1999–2005 og dårligere etableringsforhold som et resultat av gjengroing i markberedningsfleckene innen det rike frøfallet inntraff i 2007. Antall toårige granplanter var høyere i småbregneskog sammenlignet med blåbær- og bærlyngskog. Småbregneskog hadde derimot færrest granplanter som var eldre enn to år, sammenlignet med de andre vegetasjonstypene. Antallet granplanter eldre enn to år var lavt i de fleste bestandene, halvparten hadde færre enn 53 eldre granplanter per daa. Det ble ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom høyden over havet (290–570 m) og antall granplanter, mens antallet furuplanter økte med avtakende høyde over havet. Antall furuplanter per daa økte også med økende antall gjensatte frøtrær av furu på hogstflatene. Generelt kan det konkluderes med at det er god tetthet av planter i de fleste bestandene som ble markberedt i 2006, umiddelbart forut for frøfallet i 2007. I bestand som ble markberedt i årene 2003–2005 er resultatet svært varierende. Det dårligste resultatet finner vi i de eldste bestandene som var markberedt i 2001 og 2002. Der er plantetettheten vurdert som ikke tilfredsstillende i over halvparten av de takserte bestandene. Planteantallet for gran spirt våren 2007 avtok med økende avstand fra takstflatene til eldre kantskog. Dette bekrefter at det også må legges vekt på foryngelsesfeltets arrondering ved naturlig foryngelse av gran. Satsing på naturlig foryngelse vil alltid være forbundet med en viss usikkerhet, og systematisk kontroll av behov for supplering bør derfor gjennomføres tre til fem år etter at feltene er markberedt.

Nøkkelord: Gran, markberedning, naturlig foryngelse, *Picea abies*, åpne hogster

SUMMARY

This report summarizes a survey of natural regeneration on 99 clear-cuts of medium site productivity (site index class G14) within Romedal and Stange Commons, SE Norway. The primary reforestation objective was to achieve natural regeneration of spruce through seed supply from neighbour stands. The stands were scarified during 2001–2006, and the survey was carried out during June–October 2008. The dominating vegetation types were cowberry woodland (29 stands), bilberry woodland (52 stands), or small fern woodland (18 stands). Two-year-old spruce which germinated in 2007 contributed most to the regeneration result. The number of two-year-old spruce did, however, decline markedly with time since scarification. This can be attributed to lack of good seed years for spruce during 1999–2005, combined with establishment of competing vegetation in the scarified spots prior to the rich seed fall in 2007. Stands belonging to the small fern vegetation type had the highest densities of two-year-old spruce, but the lowest densities of spruce seedlings older than two years. Densities of spruce seedlings older than two years were generally low, less than 530 per ha in 50 % of the stands. Altitude (290–570 m a.s.l.) did not influence on the establishment of spruce seedlings, while densities of pine seedlings increased significantly with decreasing altitude and with increasing retention of pine seed trees. Seedling densities were acceptable in the majority of stands scarified in 2006, i.e. shortly before the rich seed fall in 2007. Among the stands scarified during 2003–2005, the regeneration result was highly variable. The poorest results were found in stands scarified in 2001 and 2002, where seedling densities were unsatisfactory in more than half of the cases. The density of two-year-old spruce diminished with increasing distance from the nearest stand edge. This illustrates the need to consider the configuration of the clear-cut area when aiming at natural regeneration of spruce. Due to the uncertainty associated with natural regeneration, a systematic control of the regeneration result should be carried out three to five years after scarification.

Key words: Clear-cutting, natural regeneration, Norway spruce, *Picea abies*, site preparation

1. INNLEDNING

Økende kulturkostnader og lave tømmerpriser utover 1990-tallet gjorde at mange skogeiere endret skjøtselsrutinene i retning av mindre planting og mer satsing på naturlig foryngelse. Omfanget av planting sank fra 70 millioner utsatte planter i 1990 til 42 millioner utsatte planter i 2000, og senere har planteaktiviteten falt til et enda lavere nivå (Skogfrøverket 2010a). For furu på svakere boniteter ligger det godt til rette for å basere foryngelsen på naturlig frøfall. Dette skyldes at furu har relativt jevn frøproduksjon og med unntak for fjellskog stort sett produserer noe spiredyktig frø hvert år (Bergan 1981, Nygaard og Skoklefald 2007). Samtidig endrer vegetasjonen seg lite etter hogst på de furudominerte vegetasjonstypene (Larsson et al. 1994). På midlere og bedre boniteter der en ønsker å satse på gran møter en på større utfordringer. For gran er det lenger mellom gode frøår. I lavere og midlere høydelag på Østlandet inntreffer frøår hos gran gjerne med 2–7 års mellomrom, mens det lenger nord og i fjellskog kan gå tiår mellom hver gang det er god frøproduksjon (Solbraa 1990, Skogfrøverket 2010b). Bedre vekstbetingelser gjør at markberedningsflekkene også vil gro igjen raskere enn på typisk furumark (Skoklefald 1983, 1995, Hanssen et al. 2003). Disse faktorene gjør at det er knyttet mer usikkerhet til naturlig foryngelse av gran og det er behov for å analysere konsekvensene av endret praksis.

Romedal og Stange allmenninger, heretter kalt RASA, er to store bygdeallmenninger i Hedmark med felles administrasjon. Allmenningene omfatter et produktivt skogareal på ca. 315 000 daa, hvorav det meste ligger i Stange kommune. Årshogsten ligger på ca 75 000 m³, hvorav sluttavvirkning har utgjort om lag 45 000 m³ de senere årene (driftssjef Jørgen-Petter Nermo, pers. med.). RASA tilrettelegger hvert år betydelige arealer for naturlig foryngelse, med bruk av markberedning som hjelpetiltak. Andelen av skogarealet hvor målsettingen er naturlig foryngelse har økt betydelig etter at allmenningene i 2001 besluttet å legge om foryngelsesstrategien for arealene med bonitet G14 fra planting til naturlig foryngelse. Om lag 40 % av det produktive skogarealet i RASA er bonitert til G14, og spørsmålet om valg av foryngelsesstrategi på disse arealene er derfor av vesentlig betydning for allmenningene. Bonitet G14 utgjør imidlertid også en høy andel av skogarealet på regionalt og nasjonalt nivå, samtidig som grunnlaget for store investeringer i skogkultur er begrenset ut fra et rent privat-

økonomisk perspektiv. Valg av foryngelsesstrategi på G14 er derfor et spørsmål som har generell interesse.

Som et ledd i oppfølgingen av den nye foryngelsesstrategien for bonitet G14 gjennomførte RASA i 2006 en resultatkontroll i et lite utvalg av bestandene som hadde blitt avvirket etter at den nye strategien ble iverksatt. Denne kontrollen viste at en høy andel av de kontrollerte bestandene manglet tilfredsstillende foryngelse. Det var derfor nødvendig å få en bedre oversikt over tilstanden på foryngelsesarealene. For samtidig å kunne gi et best mulig grunnlag for evalueringen av RASA's foryngelsesstrategi, var det ønskelig at en takstmessig oppfølging kunne gi et grunnlag for å si noe om hvordan egenskaper ved voksestedet og skogbehandlingen påvirker muligheten for å lykkes med naturlig foryngelse av gran på bonitet G14.

Vegetasjonstypen og høyden over havet er viktige egenskaper ved voksestedet i sammenheng med naturlig foryngelse (Sarvas 1962, Hagner 1965, Mork 1971, Skoklefald 1983). Taksten skulle også legges opp slik at det ville være mulig å analysere effekten av terrengets helling og eksposisjon, og betydningen av bestandsegenskaper som kan påvirkes gjennom skogbehandlingen. Dette gjelder særlig bestandsstørrelse, andel kantskog rundt det enkelte avvirkningsobjektet, og gjensetting av frøtrær av furu på hogstflatene. Frøåret hos gran i 2006 gav oss god anledning til å analysere effekten av et godt frøår i et stort antall bestand, 1–6 år etter markberedning. Dette gjorde det samtidig mulig å kvantifisere hvordan mulighetene for naturlig foryngelse av gran etter åpne hogster påvirkes etter hvert som hogstfeltene og markberedningsflekkene gradvis gror igjen.

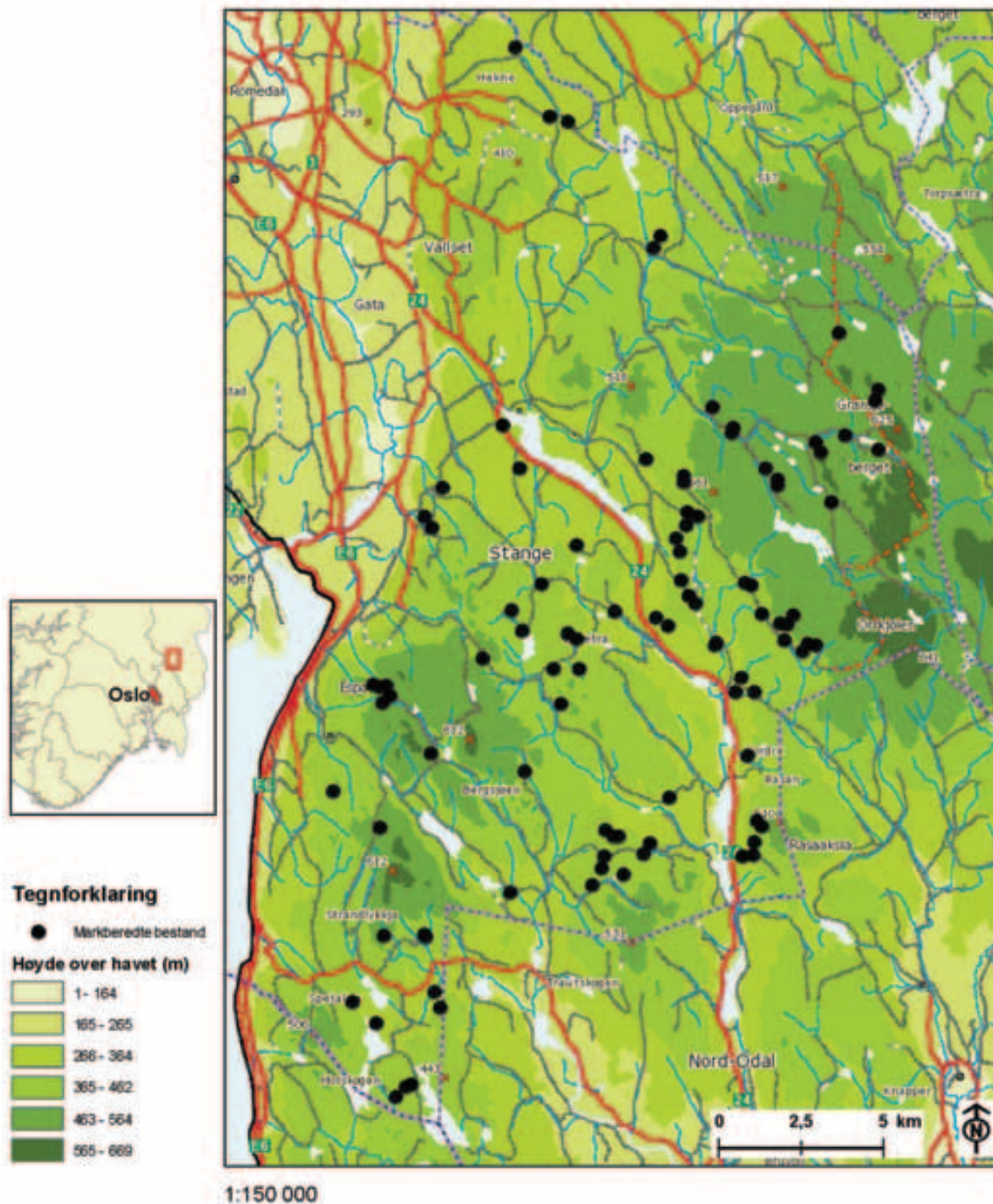
2. MATERIALE OG METODER

2.1. Utvalg av bestand

Feltarbeidet ble utført i perioden fra siste halvdel av juni til begynnelsen av oktober 2008. Utvalget av bestand tok utgangspunkt i en bruttoliste som omfattet alle G14 bestand i RASA som var markberedt i perioden 2001–2006. Bakgrunnen for denne avgrensningen var at 2001 var startåret for omleggingen til ny foryngelsesstrategi på G14 arealene i allmenningene. Samtidig var det ønskelig å få med et aldersspenn i datamaterialet, inkludert bestand der markberedningen var «fersk» like før det bety-

delige frøåret hos gran i 2006. Vi ekskluderte enkelte bestand basert på opplysninger innhentet fra allmenningens personale. Dette omfattet bestand der arealet var omdisponert til andre formål etter hogst (utbygging o.a.), eller hvor det av ulike grunner var valgt å plante. Data fra ett av bestandene som er taksert er ikke anvendt i denne

rapporten da dette viste seg å være anlagt på grøftet myr. Det samlede datamaterialet omfatter 99 bestand, hvorav 30 ligger i Stange allmenning, og 69 i Romedal allmenning. De takserte bestandenes lokalisering er vist i Figur 1.



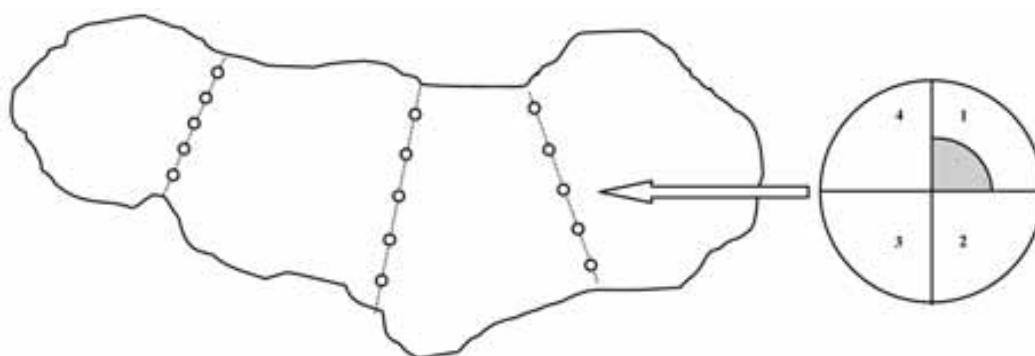
Figur 1. Lokalisering av de markberedte bestandene som ble taksert i 2008.

2.2. Organisering av feltarbeidet

Takseringsarbeidet er utført av ansatte i RASA og to skogfagstudenter ved Universitetet for miljø- og biovitenskap. Hvert lag besto av to personer. Taksatorne hadde tidligere vært involvert i ulike typer skogsarbeid, inkludert ordinær resultatkontroll av foryngelsen i allmenningene. De fleste hadde også gjennomgått kurs i vegetasjonstypekartlegging ved Skogbrukets kursinstitutt (Aktivt Skogbruk). Før takseringen startet, ble det gjennomført en opplæringsdag i felt, med gjennomgang av takstinstruksen og oppfrisking av vegetasjonstypekartlegging under veiledning av John Y. Larsson fra Skog og landskap.

2.3. Utlekking av prøveflatene

Femten sirkulære takstflater á 16 m^2 (radius 2,26 m) ble lagt ut i hvert bestand, normalt med fem flater langs hver av tre takstlinjer (Fig. 2). Utlekkingen av takstlinjene tok utgangspunkt i en av bestandets langsider, med startpunkt ved hhv $1/4$, $1/2$ og $3/4$ av langsidas lengde. Marsjretningen i linjene ble lagt vinkelrett på motstående bestandsgrense. For å fastsette en lik avstand mellom flatene i linja ble avstanden til motstående bestandsgrense målt med en laser avstandsmåler som angir avstand i hele meter med feilmargen på $\pm 1 \%$ av den målte distansen (Bushnell Yardage Pro). Valg av avstand mellom takstflatene ble tilpasset slik at første og siste takstflate i linja skulle ligge 5–10 m fra bestandskant. I de tilfeller hvor denne generelle regelen ikke kunne følges konsekvent, for eksempel hvis flatene var små, bestemte vi takstlinjenes plassering skjønnsmessig.



Figur 2. Eksempel på utlegging av takstflatene. Furuplanter og gran eldre enn to år ble telt i hele sirkelflata på 16 m^2 , mens yngre planter av gran ble telt i indre del av første kvadrant (1 m^2). De fire kvadrantene i hver flate danner grunnlaget for en nullruteregning.

2.4. Registreringer på prøveflatenivå

Vi delte hver sirkelflate i fire kvadranter (Fig. 2). Denne delingen danner grunnlaget for en nullrutetelling der det ble registrert hvor mange av kvadrantene som manglet en utviklingsdyktig bartreplante. Ved nullrutetellingen er det sett bort fra granplanter som hadde spirt i 2007 eller 2008. Nøyaktig registrering av disse plantene ville blitt svært arbeidskrevende for et så stort flateareal som 16 m^2 . På grunn av dette er disse i stedet telt separat i en indre seksjon av kvadrant nr 1 (1 m^2 , radius 1,13 m, jfr. Fig. 2), og er senere i denne rapporten omtalt som toårig gran. Planter som eventuelt hadde spirt i 2008 inngår i denne kategorien, men antas å utgjøre et svært lavt antall sammenlignet med de som spirte i 2007. Totalt antall av både eldre granplanter (>2 år), furu- og lauvtreplanter ble telt innen

hver hele sirkelflate, uavhengig av kvadrantene. Ved telling av furu og lauvtrær er det ikke skilt mellom aldersklasser, og heller ikke mellom ulike lauvtrearter. Høyden til den høyeste planten innen hver av disse kategoriene er målt til nærmeste cm. Ved høydemålingene er det sett bort fra planter som var klart større enn hovedtyngden av foryngelsen, typiske marbusker og mindre overstandere.

En rekke variabler som vi forventet kunne bidra til å forklare variasjonen i planteetablering er registrert i hver sirkelflate (Tabell 1). Vegetasjonstypen ble registrert i henhold til Larsson (2005). I blåbærskog er det i tillegg vurdert om takstflata hører til normal, fuktig eller tørr utforming. Ved bestemmelse av vegetasjonstype og fuktighetsklasse var det vanligvis nødvendig å støtte seg til observasjoner av

karakterplanter også noe utenfor den aktuelle takstflata. Forekomst av stein har vi kvantifisert som den prosentvise andelen av sirkelflatas areal som var dekket av synlige steiner. Øvrige opplysninger som er registrert omfatter avstand fra sirkelflatas sen-

trum til nærmeste bestandskant med trær i hogstklasse IV-V (potensielt frøtbærende trær), samt avstand fra flatesentrum til nærmeste frøtre i bestandet. Alle avstandsmålingene er utført ved hjelp av laser avstandsmåler.

Tabell 1. Variable som ble registrert i felt.

Variabel	Reg. nivå	Enhet/klasser
Vegetasjonstype	16 m ² sirkelflate	1 = lavskog, 2 = blokkebærskog, 3 = bærlyngskog, 4 = blåbærskog, 5 = småbregneskog, 6 = storbregneskog, 7 = lågurtskog, 8 = høgstaudeskog, 9 = fuktskog ¹⁾
Fuktighetsklasse ²⁾	16 m ² sirkelflate	Normal, tørr eller fuktig utforming
Arealandel stein i overflata	16 m ² sirkelflate	%
Avstand til bestandskant med trær i hkl. IV-V	16 m ² sirkelflate (sentrum)	Målt med laser avstandsmåler (±1 m)
Antall frøtrær	16 m ² sirkelflater med sentrum >20 m fra kant	Telling av antall innen 20 m radius fra sentrum
Hellingsretning	Bestand	0 = <5 ° helling, 1 = Nord (NV-NØ), 2 = Øst (NØ-SØ), 3 = Sør (SØ-SV), 4 = Vest (SV-NV), 5 = Uregelmessig ³⁾
Hellingsgrad	Bestand	0 = <5 °, 1 = 5–30 °, 2 = >30 °, 3 = Uregelmessig ³⁾
Andel kantskog (hkl IV+V)	Bestand	0 = 0 %, 1 = <33 %, 2 = 34–67 %, 3 = >67 %

¹⁾ Myrskog, gran/bjørk sumpskog, lauv-vier sumsskog, bekkedråg etc.

²⁾ Kun registrert for vegetasjonstypen blåbærskog.

³⁾ Anvendt når betydelig variasjon innen feltet gjorde det vanskelig å gruppere i en bestemt klasse.

2.5 Registreringer på bestandsnivå

Variable som ble registrert på bestandsnivå inkluderer hogstfeltets hellingsretning og hellingsgrad, og antall frøtrær per daa (Tabell 1). Antall frøtrær per daa er basert på telling av frøtrær innen 20 m radius fra flatesentrum i alle sirkelflater der sentrum lå minst 20 m fra bestandsgrense. Det registrerte antallet i flatene som oppfylte dette kriteriet er deretter slått sammen og omregnet til en middelvei per daa for bestandet. Den prosentvise andel av bestandets omkrets som grenset til nabobestand i hogstklasse IV eller V er også skjønnsmessig anslått. Hellingsretning, hellingsgrad og andel kantskog ble registrert i klasser (kategoriske data), mens antall frøtrær per daa er registrert som kontinuerlig variabel.

Opplysninger om det enkelte bestands areal og høyde over havet ble innhentet fra skogbruksplan og bestandskart. I ett tilfelle er det observert avvik mellom oppgitt bestandsareal og faktisk hogd areal. Dette ble anmerket i felt og tatt hensyn til ved senere beregninger.

2.6. Beregninger og statistiske analyser

2.6.1. DATAGRUNNLAGET

Datamaterialet fra de 99 bestandene består totalt av 1482 prøveflater (tre bestand har kun 14 prøveflater på grunn av terrengmessige forhold). Vi har valgt å utelate data fra prøveflater som ikke ligger på fastmark, det vil si alle flater der vegetasjonstypen er registrert som «fuktskog» (29 flater fordelt på 16 bestand). I tillegg er en prøveflate ekskludert på grunn av åpenbart feilaktig verdi for en av de registrerte parametrene. Materialet som er anvendt omfatter dermed data fra 1452 prøveflater. Disse fordeler seg med 20 flater i blokkebærskog, 428 flater i bærlyngskog, 676 flater i blåbærskog, 306 flater i småbregneskog, 20 flater i lågurtskog, og to flater i storbregneskog. Av flatene i blåbærskog tilhører 432 flater normaltypen med hensyn på fuktighetsutforming, mens 121 og 123 flater tilhører henholdsvis tørr og fuktig utforming. I beregningssammenheng er det ansett uhensiktsmessig å skille ut vegetasjonstyper som er representert med få flater, da dette kan gi usikre resulta-

ter. Flatene i lågurtskog (20 flater fordelt på sju bestand) og storbregneskog (en flate i hvert av to bestand) er derfor behandlet som småbregneskog i analysene. De 20 flatene i blokkebærskog, fordelt mellom fire bestand, er behandlet som bærlyngskog.

2.6.2. PLANTEETABLERING

De registrerte planteantall per daa for de ulike treslags- og aldersklassene er sammenstilt i tabeller. Da enkelte bestand skiller seg ut med svært høye tall som trekker gjennomsnittet opp, kan rene gjennomsnittstall (aritmetisk) gi et ufullstendig bilde. Vi har derfor valgt å presentere medianverdier sammen med de aritmetiske gjennomsnitt. Medianverdien angir den tallverdi, i denne sammenheng det planteantall per daa, som halvparten av bestandene enten overstiger eller understiger.

Vi har utarbeidet regresjonsmodeller der hensikten er å illustrere hvordan planteantallet i takstflatene varierte i forhold til de uavhengige variable som ble registrert. Separate modeller er utarbeidet for toårig gran, gran eldre enn to år, samt totalt antall furu-planter. Modellene er beregnet med prosedyren GLIMMIX i statistikkprogrammet SAS/STAT (Littell et al. 2006). Denne prosedyren kan brukes til å generere modeller basert på en hierarkisk datastruktur der de uavhengige variablene kan være definert på prøveflate- eller bestandsnivå. Modellene gir et estimat for planteantallet i takstflatene på logaritmisk form. For at verdiene som framkommer ved bruk av modellene skal bli forventningsrette har vi lagt til halvparten av den tilfeldige variansen mellom bestand (oppgitt med symbolet: $\sigma^2_{\text{bestand}}$) til den logaritmiske verdi som modellen predikerer før tilbaketransformering til original skala. De beregnede planteantall er omregnet til antall per daa ved å multiplisere med 1000 for toårig gran (flatestørrelse 1 m²) og med 62,5 for eldre gran og furu (flatestørrelse 16 m²).

2.6.3. NULLRUTEBEREGNINGER

Naturlig foryngelse i barskog vil normalt være ujevnt fordelt over arealet, da plantene fortrinnsvis etableres i blottlagt mineraljord og ellers flekkvis der det er spesielt gode spirebetingelser og liten eller moderat konkurranse (Hanssen 2002, 2003). Samtidig vil frøtilgangen variere, avhengig av blant annet avstand til frøtrær og bestandskant (Skokle-fald 1985).

Foryngelsens jevnhet er i dette arbeidet beskrevet ved nullruteprosenten, definert som andelen flater à 4 m² uten minst en utviklingsdyktig plante (Braa-

the 1953). Det ble registrert om kvadrantene i takstflatene hadde minst en plante av furu eller eldre gran. Resultatet av denne registreringen illustrerer hvordan nullruteprosenten ville vært uten bidraget fra frøåret i 2006. For å redusere tidsforbruket i felt ble plantene som spirte etter frøåret i 2006 telt på et langt mindre areal enn de øvrige plantene (1 m²). For disse har vi derfor estimert tilsvarende nullruteprosent for et flateareal à 4 m² basert på forholdet:

$$\text{Nullrute- \%} = 100 \times (1-P)^4$$

der P er sannsynligheten for at en takstflate på 1 m² har minst en toårig granplante, uttrykt på en skala fra 0 til 1. En modell som estimerer P og hvordan denne størrelsen varierer i forhold til de ulike uavhengige variable som ble registrert på takstflate- eller bestandsnivå, er beregnet med prosedyren LOGISTIC i SAS/STAT.

3. RESULTATER

3.1. Bestandsforhold

Når bestandene klassifiseres med hensyn på dominerende vegetasjonstype, fordeler de seg med 52 bestand i blåbærskog, 29 bestand i bærlyngskog, og 18 bestand i småbregneskog (Tabell 2). Gjennomsnittlig bestandsareal er betydelig lavere (13,8 daa) på småbregnetypen sammenlignet med bestandene i bærlyngskog og blåbærskog (21,9–23,9 daa). Totalt 93 % av bestandene i bærlyngskog hadde gjensatte frøtrær, mens denne andelen i blåbærskog og småbregneskog var henholdsvis 67 og 55 %. Bærlyngskogbestandene hadde samtidig flere frøtrær i de tilfellene der det var satt igjen slike, og dermed det høyeste gjennomsnittet totalt sett. Arealdekningen av stein i overflata lå i gjennomsnitt på 5 %, uten betydelig forskjell mellom vegetasjonstypene.

Til sammen 56 bestand har enten ingen (0 %) eller lav (<33 %) andel eldre kantskog rundt flata, med henholdsvis 18 og 38 bestand i hver kategori (Tabell 3). De øvrige fordeler seg med 26 bestand i klassen 34–67 %, mens 17 bestand har over 67 % andel eldre kantskog. Det er rimelig å anta at det i noen tilfeller kan ha blitt hogd i tilgrensende bestand de senere årene. Enkelte av foryngelsesfeltene kan dermed ha hatt en høyere andel eldre kantskog tidligere i foryngelsesperioden. Over 90 % av bestandene ligger i enten tilnærmet flatt terreng eller har moderat helling (Tabell 3).

Tabell 2. Bestandsareal, høyde over havet, antall frøtrær per daa og dekningsgrad for stein i overflata i bestandene. Aritmetisk gjennomsnitt med minimum og maksimum i parentes. n = antall bestand.

	Bærlyngskog (n=29)	Blåbærskog (n=52)	Småbr. skog (n=18)	Alle (n=99)
Best. areal (daa)	21,9 (2–90,8)	23,9 (1,5–76,6)	13,8 (2,8–38,1)	21,5 (1,5–90,8)
Høyde o. havet (m)	400 (290–510)	430 (290–570)	390 (310–550)	410 (290–570)
Ant. frøtrær per daa	1,6 (0–6,9)	0,8 (0–3,5)	0,5 (0–2,1)	1,0 (0–6,9)
Stein (dekning i %)	5,0 (0–34,1)	5,3 (0–20,3)	5,4 (0–11,3)	5,2 (0–34,1)

3.2. Planteetablering bartrær

3.2.1. GRAN

De toårige granplantene utgjorde 74 % av bartreforyngelsen i de takserte bestandene, når alle årene og vegetasjonstypene ses under ett (Tabell 4). Antallet toårig gran avtok markant med økende alder på feltene. Flatene som var markberedt i 2003 utgjør et unntak fra denne trenden da disse hadde et litt høyere antall granplanter enn flatene som var markberedt året etter. Modellen som beskriver variasjonen med hensyn på planteantallet

i takstflatene er presentert i Tabell 5, og beregnede verdier for noen ulike kombinasjoner av uavhengige variabler er vist i Figur 3.

Antallet toårig gran var signifikant høyere i småbregneskog enn i bærlyng- og blåbærskog, men både den relative og absolutte forskjellen avtok med feltenes alder (Fig. 3A). Det var ikke forskjell mellom de to sistnevnte vegetasjonstypene, og heller ikke mellom de ulike fuktighetsutformingene i blåbærskog. I modellen valgte vi derfor å slå blåbærskog og bærlyngskog sammen.

Tabell 3. Fordeling (antall) av de takserte bestandene på vegetasjonstype, markberedningsår, andel kantskog rundt bestandet og hellingsforhold.

	Bærlyngskog (n=29)	Blåbærskog (n=52)	Småbr. skog (n=18)	Alle (n=99)
Markberedningsår				
2001	4	4	2	10
2002	6	6	4	16
2003	7	10	1	18
2004	5	7	3	15
2005	2	11	4	17
2006	5	14	4	23
Andel kantskog (hkl IV+V)				
0 %	5	8	5	18
<33 %	17	16	5	38
34–67 %	6	16	4	26
>67 %	1	12	4	17
Hellingsretning				
Flatt (<5°)	11	9	5	25
Nord (NV-NØ)	4	8	3	15
Øst (NØ-SØ)	2	5	4	11
Sør (SØ-SV)	2	11	2	15
Vest (SV-NV)	7	16	3	26
Uregelmessig	3	3	1	7
Hellingsgrad				
0<5°	11	9	5	25
5–30°	17	37	13	67
>30°	0	1	0	1
Uregelmessig	1	5	0	6

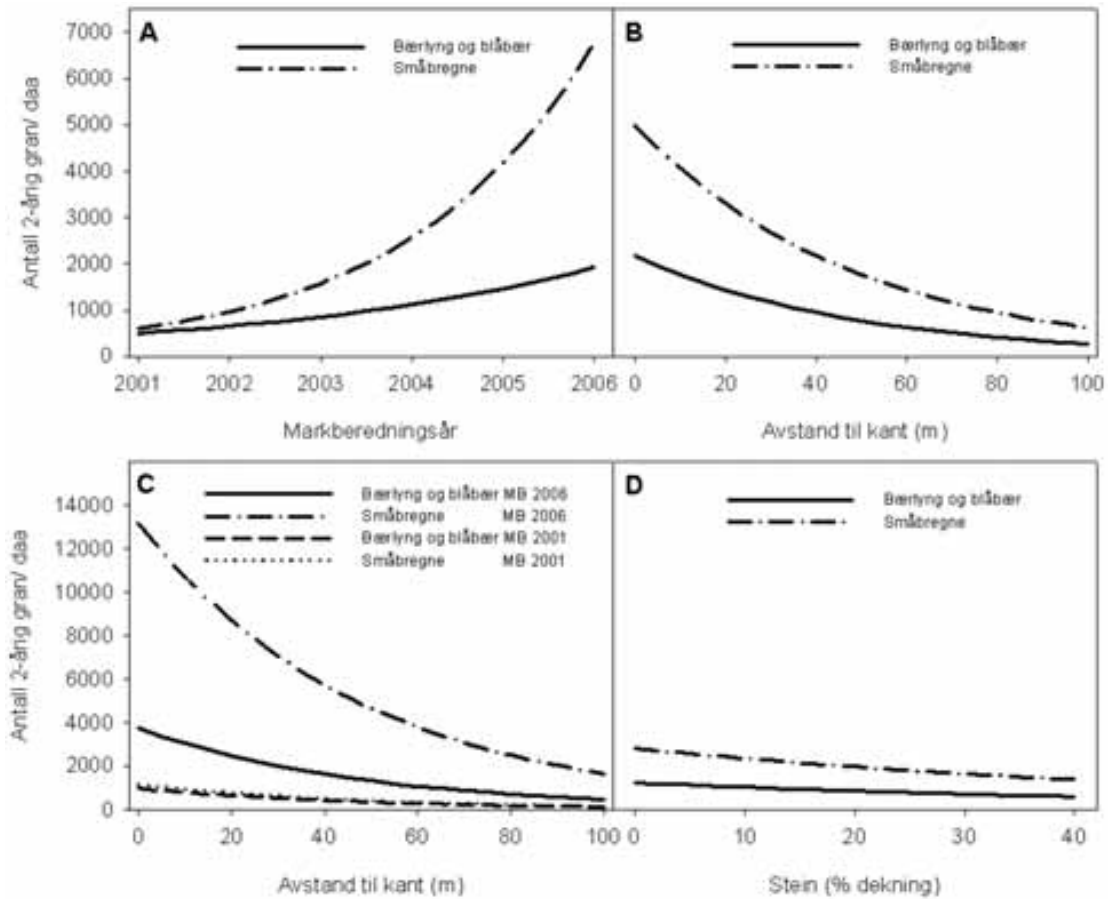
Antall toårige granplanter avtok med økende avstand fra taksflata til nærmeste bestandskant med eldre skog (Fig. 3B, C). Den estimerte reduksjonen tilsvarer en halvering av planteantallet når avstanden til kantskog øker fra 10 til 40 meter. Det ble også funnet en klar negativ effekt av stein i overflata (Fig. 3D). Denne effekten må ses i lys av at dekningsgraden av stein kan variere mye mellom de enkelte takstflatene. Dette vil jevne seg ut på bestandsnivå, og andelen stein er således av mindre betydning for å beskrive variasjonen i planteetablering på større skala.

Antallet eldre granplanter var lavt i de fleste bestandene, med et gjennomsnitt på 103 planter per daa. Halvparten av bestandene hadde færre enn 53 eldre granplanter per daa, jfr. medianverdien i Tabell 4. Det var færrest eldre granplanter i småbregneskog, i motsetning til de yngre plantene som hadde høyest antall på denne vegetasjonstypen.

Verken bestandsstørrelse, høyde over havet eller hellingsforholdene i bestandet har bidratt til å forklare variasjonen i etablering av gran ($p > 0,1$).

Tabell 4. Antall planter per daa for ulike treslags- og alderskategorier, sortert etter vegetasjonstype og markberedningsår.

	Bærlingskog		Blåbærskog		Småbr. skog		Alle	
	Gjsn.	Median	Gjsn.	Median	Gjsn.	Median	Gjsn.	Median
A) 2-årig gran								
Markb. 2001	224	215	833	433	400	400	503	249
----"---- 2002	133	67	244	233	1000	200	392	167
----"---- 2003	876	867	2034	933	2467	2467	1608	933
----"---- 2004	571	533	1763	867	2003	2200	1414	867
----"---- 2005	1133	1133	1188	867	6738	4142	2487	1067
----"---- 2006	3573	2667	1726	1700	7450	7800	3123	2067
2001–2006	1063	400	1437	733	3890	2833	(1773)	(667)
B) Eldre gran (2 år+)								
Markb. 2001	126	100	133	67	40	40	112	54
----"---- 2002	77	68	125	88	140	140	111	90
----"---- 2003	275	96	130	60	17	17	180	67
----"---- 2004	113	108	107	89	19	14	91	58
----"---- 2005	60	60	156	63	46	25	119	50
----"---- 2006	12	13	46	35	0	0	30	17
2001–2006	125	58	109	56	50	23	(103)	(53)
C) Furu								
Markb. 2001	782	758	564	429	548	548	648	598
----"---- 2002	315	325	256	142	613	625	367	167
----"---- 2003	1422	1083	415	373	133	133	791	373
----"---- 2004	1333	834	436	323	160	183	680	330
----"---- 2005	1038	1038	282	142	471	190	416	221
----"---- 2006	559	538	312	292	252	221	355	288
2001–2006	914	558	355	288	392	229	(525)	(323)
D) Bartrær totalt								
Markb. 2001	1132	1165	1530	877	988	988	1262	1165
----"---- 2002	525	458	626	656	1752	1006	870	656
----"---- 2003	2572	2391	2579	1610	2617	2617	2578	2119
----"---- 2004	2016	1596	2307	1673	2182	2483	2185	1673
----"---- 2005	2231	2231	1627	1196	7254	5136	3022	1642
----"---- 2006	4144	3325	2083	2202	7702	8098	3509	2379
2001–2006	2102	1192	1901	1356	4332	2931	(2402)	(1388)



Figur 3. Antall toårig gran per daa (modell 1, Tabell 5). Verdiene er beregnet for småbregneskog og bærlyng-/blåbærskog, og viser effekten av markberedningstidspunkt (A), avstand til eldre kantskog (B), og av ulike kombinasjoner av markberedningstidspunkt og avstand til kantskog (C). Effekten av stein i takstflata (% dekning) er vist i figurens nedre høyre del (D). Uavhengige variable som ikke illustreres er satt lik gjennomsnittet for datamaterialet, dvs. markberedt 2004/alder 3 år (B, C, D), avstand til kantskog 32 m (A, D), andel stein 5% (A, B, C).

Tabell 5. Modeller som beskriver sammenhengen mellom ulike uavhengige variable og treantallet i taksflatene (bartreplanter). De logaritmiske verdier som framkommer ved bruk av modellen må transformeres til original skala og omregnes til planteantall per daa som beskrevet i materiale- og metodedelene.

Variabel	Estimat	Standardfeil	t-verdi	p-verdi
Modell 1. Antall 2-årig gran				
Konstantledd	3,0153	0,31540	9,56	<0,0001
VEGETASJONSTYPE ^{a)}	-1,4757	0,35050	-4,21	<0,0001
TID ^{b)}	-0,4863	0,09621	-5,05	<0,0001
TID x VEG. TYPE ^{c)}	0,2159	0,10910	1,98	0,0481
STEIN ^{d)}	-0,01769	0,00598	-2,96	0,0032
AVSTAND ^{e)}	-0,02080	0,00336	-6,20	<0,0001
$\sigma^2_{bestand}$	0,2788	0,07480		
Modell 2. Antall eldre gran (2 år+)				
Konstantledd	-2,1784	0,41190	-5,29	<0,0001
VEGETASJONSTYPE ^{a)}	0,8777	0,23490	3,74	0,0002
TID ^{b)}	0,9057	0,23600	3,84	0,0001
TID**2	-0,09978	0,03428	-2,91	0,0037
$\sigma^2_{bestand}$	0,4586	0,09908		
Modell 3. Antall furuplanter				
Konstantledd	4,06670	0,44240	9,19	<0,0001
VEGETASJONSTYPE ^{f)}	-0,48320	0,14160	-3,41	0,0007
HOH ^{g)}	-0,00238	0,00121	-1,96	0,0498
HOH /(7,5 + Antall frøtrær per daa)	-0,02528	0,00444	-5,69	<0,0001
STEIN ^{d)}	-0,00963	0,00302	-3,19	0,0014
AVSTAND ^{e)}	-0,00288	0,00146	-1,97	0,0495
$\sigma^2_{bestand}$	0,2859	0,05569		

a) Parameterestimatet legges til konstantleddet hvis vegetasjonstypen er bærlyng- eller blåbærskog, settes lik 0 ellers.

b) TID = antall år mellom markberedning og spireåret 2007, dvs. 1 år for bestand markberedt i 2006, 2 år for bestand markberedt i 2005 osv.

c) Parameterestimatet multipliseres med TID hvis vegetasjonstype = bærlyng eller blåbær, settes lik 0 ellers.

d) Dekningsgrad (%) i takstflata.

e) Avstand fra takstflata til eldre kantskog (m).

f) Parameterestimatet legges til konstantleddet hvis vegetasjonstypen er blåbær- eller småbregneskog, settes lik 0 ellers.

g) Høyde over havet (m).

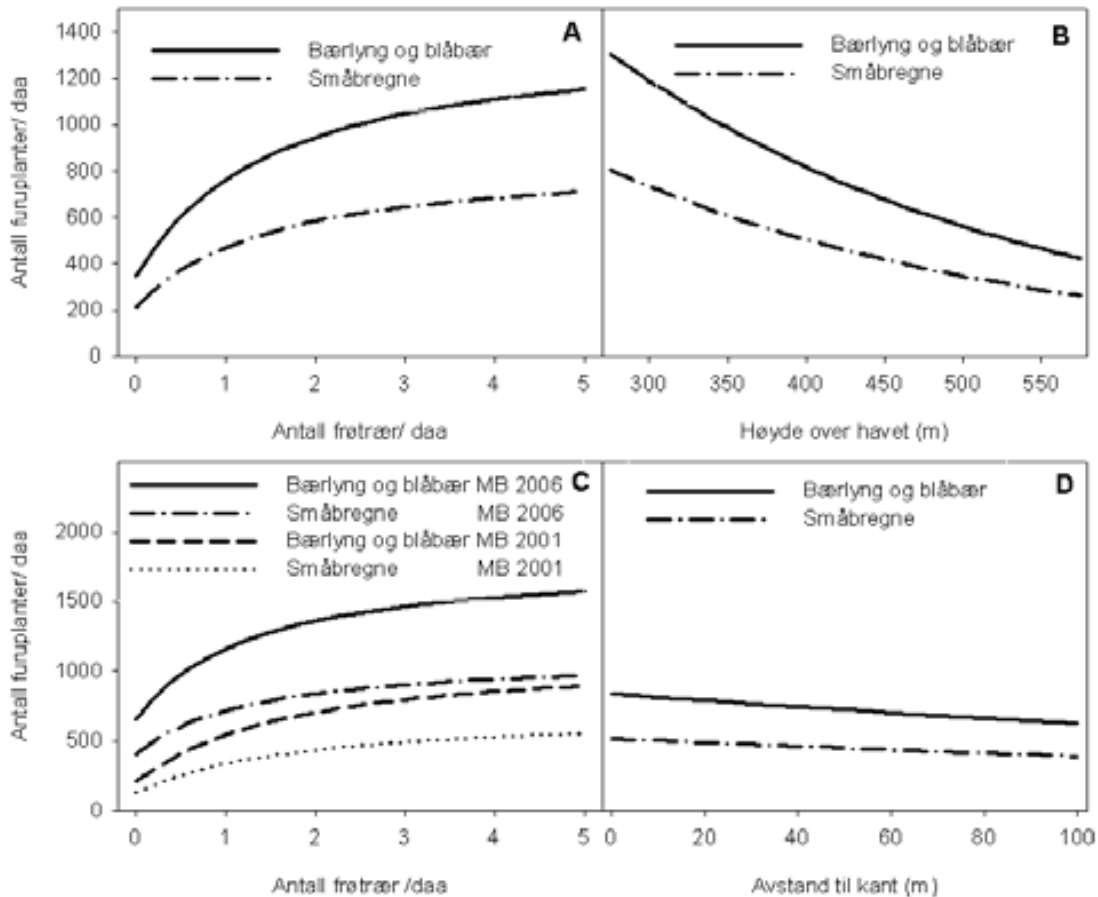
3.2.2. FURU

Det høyeste antall furuplanter per daa ble observert på feltene som var markberedt i 2001 (Tabell 4). I bestandene som ble markberedt i 2002 er det derimot relativt få furuplanter sammenlignet med de andre årene, med unntak for småbregneskog som er representert med et begrenset antall bestand. Vi kan derfor ikke påvise noen signifikant økning i planteantallet med økende alder på feltene. Antall furuplanter per daa varierte signifikant med vegetasjonstypen, høyden over havet, antall frøtrær per daa og avstand fra takstflata til bestandskant. Modellen som beskriver variasjonen i dataene best er gitt i Tabell 5, mens beregnede verdier for ulike kombinasjoner av uavhengige variabler er vist i Figur 4.

Vegetasjonstypens påvirkning på antall furuplanter avviker noe fra antall granplanter ved at bærlyng-

arealene har et høyere planteantall enn de andre vegetasjonstypene (Fig. 4A-D, Tabell 4 og 5). Det var imidlertid ikke signifikant forskjell mellom blåbærskog og småbregneskog, og heller ikke mellom de ulike fuktighetsutformingene innen blåbærskog. I modellen er derfor kun bærlyngskog skilt ut fra de andre vegetasjonstypene.

Antallet gjensatte frøtrær per daa bidrar i stor grad til variasjonen i antall furuplanter (Fig. 4A, C, Tabell 5). Modellen antyder en gradvis uflating i sammenhengen mellom planteantallet og antall frøtrær. Om en slik utflating er reell er noe usikkert, da det er nokså få bestand i datamaterialet med mer enn tre frøtrær per daa. Det er også testet andre funksjonstyper for å undersøke om et annet kurveforløp gav bedre tilpasning til dataene, uten at dette var tilfelle.



Figur 4. Antall furuplanter per daa (modell 3, Tabell 5). Verdiene er beregnet for bærlyngskog og blåbær/småbregneskog, og viser effekten av antall frøtrær per daa (A), høyde over havet (B), og av ulike kombinasjoner av antall frøtrær per daa og høyde over havet (C). Effekten av avstand fra flatesentrum til kantskog er vist i figurens nedre høyre del (D). Uavhengige variable som ikke illustreres er satt lik gjennomsnittet for datamaterialet, dvs. 1,0 frøtrær per daa (B, D), høyde over havet 410 m (B, C, D), avstand til kantskog 32 m (A, B, C), andel stein 5 % (A-D).

Etableringen av furu avtok betydelig med økende høyde over havet (Fig. 4B, C). Vi fant også et avtakende planteantall i takstflatene med økende avstand til kantskog (Fig. 4D). Reduksjonen var imidlertid liten, og kun marginalt statistisk signifikant ($p=0,0495$). Som for gran avtok også antallet furuplanter med økende andel stein i takstflata (jfr. Tabell 5).

3.2.3. NULLRUTER BARTRÆR

Andelen av de takserte bestandene som hadde en nullruteprosent på henholdsvis 0–20, 21–40 og høyere enn 40 % er vist i Tabell 6. I bestand der vegetasjonstypen er blåbær- eller småbregneskog hadde om lag to tredjedeler av de takserte bestandene over 40 % nullruter, når en ikke tar hensyn til bidraget fra granplantene som spirte i 2007. Andelen bestand der nullruteandelen svarer til meget god tetthet (0–20 %) er for de samme vegetasjonstypene svært lav, henholdsvis 12 og 22 %. I bær-

lyngskog bidrar bedre etablering av furu til at ca 40 % av bestandene klassifiseres med meget god tetthet. Likevel er det også en relativt høy andel av bestandene på denne vegetasjonstypen, ca en tredjedel, som har mer enn 40 % nullruter.

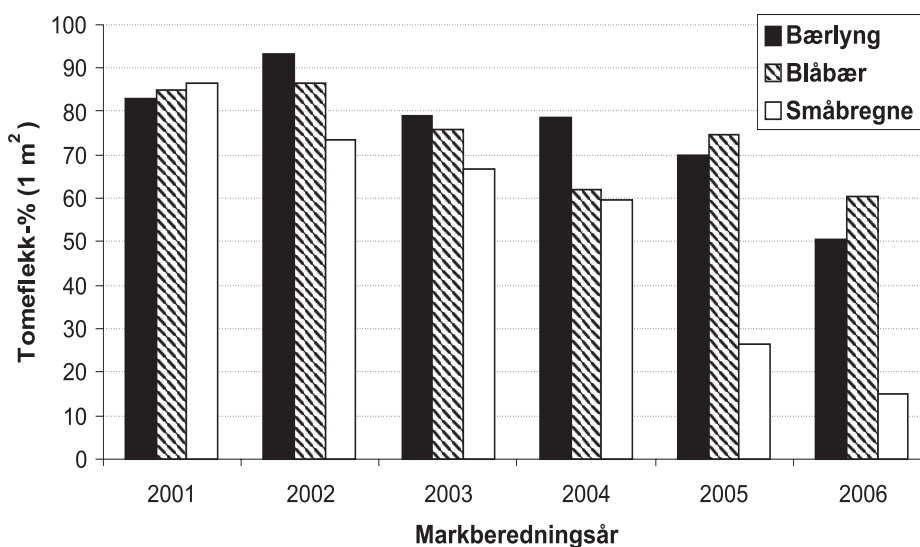
Tabell 6. Andel (%) av bestandene med henholdsvis 0–20, 21–40 og > 40 % nullruter (4 m²) for bartrær når tellingen ikke inkluderer toårig gran. Gruppert etter vegetasjonstype og markberedningsår.

	0–20 %	21–40 %	> 40 %
Bærlyngskog	41	24	35
Blåbærskog	12	21	67
Småbregneskog	22	6	72
Markb. 2001	50	20	30
----"---- 2002	19	13	69
----"---- 2003	22	22	56
----"---- 2004	27	13	60
----"---- 2005	18	24	59
----"---- 2006	13	22	65
2001–2006	(22)	(19)	(59)

Forholdet mellom ulike tetthetsklasser varierte ikke vesentlig i forhold til året bestandene ble markberedt (Tabell 6). Et unntak er feltene som ble markberedt i 2001, som har lav nullruteprosent i halvparten av bestandene, men det er få bestand i datamaterialet fra dette året (10). Når alle bestand ses samlet, havner ca. seksti prosent av bestandene i klassen med over 40 % nullruter, mens

resten fordeler seg nesten likt mellom klassene 0–20 og 21–40 %.

Prosentandelen av takstflatene (1 m²) som manglet toårig gran avtok signifikant med avtakende alder på feltene (Fig. 5). Reduksjonen var størst i småbregneskog der andelen tomme flater på feltene som ble markberedt i 2005 og 2006 var svært lav, henholdsvis 26 og 15 %. For de eldste feltene er det ingen klar effekt av vegetasjonstypen.



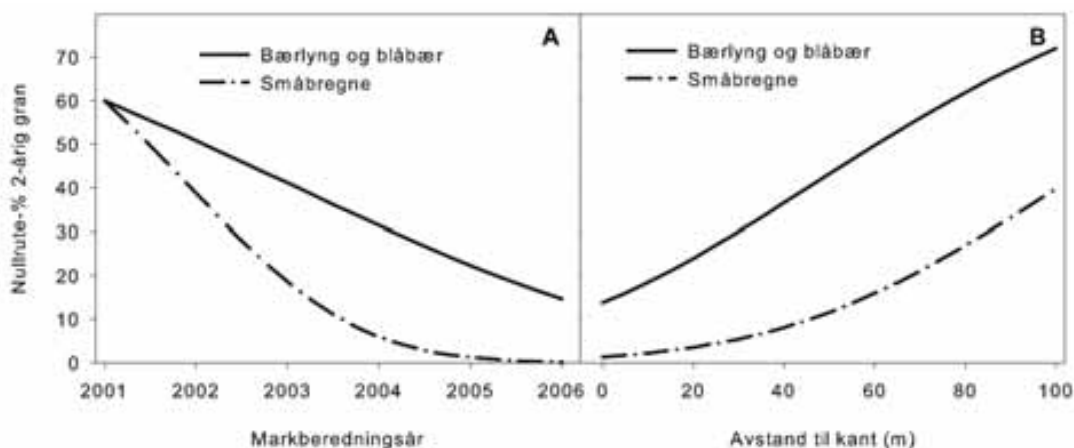
Figur 5. Andel av takstflatene (1 m²) som manglet toårig gran. Aritmetisk gjennomsnitt uten korrigeringsfaktor for andre uavhengige variabler enn feltenes alder og vegetasjonstype.

De samme uavhengige variablene som innvirket på antall toårig gran i takstflatene påvirket som forventet også sannsynligheten for å finne minst en plante i takstflatene (Tabell 7). Med bakgrunn i denne sannsynlighetsmodellen er det beregnet kurver som viser hvordan nullruteprosenten varierer i for-

hold til vegetasjonstypen, alderen på feltene og takstflatenes avstand til kantskog (Fig. 6).

Tabell 7. Modell som beskriver sammenhengen mellom ulike uavhengige variabler og sannsynligheten for å finne minst en toårig granplante i takstflata (1 m²). Verdier som framkommer ved bruk av modellen (y) transformeres til en sannsynlighetsverdi P ved formelen: $P = e^y / (1 + e^y)$. For forklaring av de ulike variable og estimatenes anvendelse for ulike vegetasjonstyper, se Tabell 5 (modell 1).

Variabel	Estimat	Standardfeil	Wald χ^2	p-verdi
Konstantledd	2,7921	0,3309	71,19	<0,0001
VEGETASJONSTYPE	-2,2315	0,3453	41,75	<0,0001
TID	-0,6725	0,0916	53,91	<0,0001
TID x VEG. TYPE	0,3720	0,1010	13,56	0,0002
STEIN	-0,0206	0,00694	8,78	0,0030
AVSTAND	-0,0202	0,00349	33,66	<0,0001



Figur 6. Estimert nullrateprosent for toårig gran. Verdiene er beregnet for småbregneskog og bærling-/blåbærskog og viser effekten av markberedningstidspunkt (A) og avstand til eldre kantskog (B). Uavhengige variable som ikke illustreres er satt lik gjennomsnittet for datamaterialet, dvs. avstand til kantskog 32 m (A), markberedt 2004/alder 3 år (B), andel stein 5 % (A, B).

3.3. Lauvtreplanter

Antallet lauvtreplanter per daa var lavest på feltene som ble markberedt i 2006 ($p=0,0001$), mens forskjellene mellom de øvrige aldersklassene var mindre (Tabell 8). Vi fant også klar effekt av vegetasjonstypen og fuktighetsforholdene på voksestedet, med høyere antall lauvplanter per daa i bærling-skog (1374) og fuktig utforming av blåbærskog (1473) sammenlignet med normal (607) og tørr (829) variant av blåbærskog ($p<0,0001$). Takstflatene i småbregneskog inntok en mellomstilling med et gjennomsnitt på 903 lauvplanter per daa. Antallet lauvtreplanter avtok med økende høyde over havet og økende dekningsgrad av stein ($p<0,0001$).

Tabell 8. Antall lauvtreplanter per daa. Aritmetisk gjennomsnitt og median for samtlige bestand.

	Gjsn.	Median
Markb. 2001	1137	1144
----"---- 2002	1195	1435
----"---- 2003	1053	838
----"---- 2004	1373	1292
----"---- 2005	1043	475
----"---- 2006	459	338
2001–2006	(993)	(704)

3.4. Høydeutvikling

Middeltall for høyden til den høyeste planten av hvert treslag er vist i Tabell 9. For samtlige treslag ble det funnet signifikant effekt av alderen på feltene ($p<0,05$). Mens høyden økte med økende alder for furu og lauv var dette mindre tydelig for gran. Feltene som var markberedt i 2001 hadde imidlertid også de høyeste granplantene. Vegeta-

sjonstypen hadde ikke noen effekt på plantehøyden, uansett treslag ($p > 0,4$).

Tabell 9. Gjennomsnittlig høyde av høyeste plante i takstflatene (cm), gruppert etter markberedningsår. Veide middelveier (Ismean) med standardfeil i parentes. Tallene for gran er basert på målinger av planter som var eldre enn to år.

	Gran	Furu	Lauvtrær
Markb. 2001	46 (6)	48 (6)	52 (10)
----"---- 2002	38 (5)	47 (5)	61 (8)
----"---- 2003	24 (5)	34 (5)	47 (8)
----"---- 2004	29 (5)	31 (5)	45 (8)
----"---- 2005	28 (5)	25 (5)	37 (8)
----"---- 2006	27 (6)	14 (4)	20 (7)

4. DISKUSJON

4.1. Etablering av gran

Frøåret i 2006 har bidratt til god foryngelse i de fleste bestand som ble markberedt samme år, men har gitt lite tilskudd av planter på de eldste feltene. Denne klare alderseffekten antas å skyldes gjengroingen på feltene. I blåbærskog 600 moh. i Norge fant for eksempel Hanssen et al. (2003) at dekningsgraden av ny vegetasjon i markberedningsfleckene var på over 70 % fire vekstsesonger etter markberedning på snauflater. I en frørestilling på bærlyngmark i Sverige ble andelen furu som spirte etter flekkmarkberedning halvert etter 3 år, sammenlignet med første året etter markberedning (Karlsson & Örlander 2000). Det er ut fra vår undersøkelse ikke mulig å skille klart mellom effektene av gjengroingen i markberedningsfleckene og det økte konkurransetrykket fra den øvrige flatevegetasjonen. Begge forhold vil trekke i samme retning ved å forverre etableringsforholdene. Våre resultater bekrefter likevel klart at markberedning må gjennomføres i forbindelse med frøår for å ha en god mulighet til lykkes med naturlig foryngelse av gran etter åpne hogster. Dette vil normalt tilsi at markberedningen må utføres på sensommeren eller høsten i frøåret, da tidlige prognoser med hensyn på frøproduksjon i gran vil være usikre. I lavere og midlere høydelag østafjells forekommer det gode frøår hos gran med 2–7 års mellomrom. I løpet av den siste 15-årsperioden har det i dette området vært god eller meget god konglesetting i 1995, 1998, 2002 og 2006 (Skogfrøverket 2010b). Frøproduksjonen kan imidlertid enkelte år bli helt eller delvis ødelagt av ulike skadegjørere (Kangas 1940, Rummukainen 1960, Talgø et al. 2006). Dette var tilfellet over store deler av Østlandet i 2002, da frøproduksjonen ble kraftig redusert etter angrep av

bl.a. grankongleflue, grankonglevikler og lokkrust (Skogfrøverket 2010c). Selv om vi ikke kjenner til hvordan dette slo ut lokalt i allmenningene, er det grunn til å tro at frøproduksjonen i 2002 var sterkt redusert også her. Dette kan forklare det lave antall granplanter i de eldste bestandene, og at det hovedsaklig er frøåret i 2006 som har bidratt til granforyngelsen.

Vi fant flere toårige granplanter i småbregneskog sammenlignet med bærlyng- og blåbærskog. Dette resultatet er logisk sett i relasjon til spireforholdene som er knyttet til de ulike vegetasjonstypene (Larsson et al. 1994). Småbregneskog karakteriseres av gode fuktighetsforhold, som er en vesentlig faktor i foryngelsessammenheng (Bjør 1971, Hanssen 2002). Normalt vil småbregneskog også ha god humusomsetning (Larsson et al. 1994), som tilsier god næringstilgang for plantene. At forskjellen skulle være så vidt stor var imidlertid ikke opplagt i utgangspunktet, da blottlegging av mineraljorda gjennom markberedning vil kunne bidra til å redusere de naturgitte forskjellene i etableringsforhold mellom ulike vegetasjonstyper. I hvilken grad forskjellene i plantetetthet primært kan tilskrives bedre etablering i selve markberedningsfleckene, eller om den også skyldes at flere planter har spirt den urørte marka i småbregneskog, kan ikke utledes av denne taksten. For å kvantifisere dette ville det vært nødvendig å registrere hvor stor andel av den enkelte taksflate som var påvirket av markberedningen, og telle plantene for seg i den markberedte og urørte delen. Dette kunne vært gjennomførbart på de yngste feltene, men på de eldste var det vanskelig å skille mellom intakt mark og markberedningsfleckene.

På arealene i småbregneskog fant vi signifikant færre eldre granplanter enn i bærlyng- og blåbærskog. Dette var motsatt resultat av forekomsten av toårige granplanter. Ut fra de målte plantehøyder og mangel på gode frøår fram til 2006 kan det antas at en stor andel av de eldre granplantene er forhåndsforyngelse. Denne antakelsen styrkes også av at avstand til kantskog ikke bidrar til å forklare noe av variasjonen i antall eldre gran i takstflatene. Generelt vil det være gode forhold for at gran skal kunne etablere seg som forhåndsforyngelse i småbregneskog, av de samme årsaker som nevnt tidligere. Tettheten i det gamle bestandet spiller imidlertid også en vesentlig rolle. Det lave antall eldre gran som er funnet i småbregneskog kan dermed skyldes at det har vært høyere bestandstetthet i forrige generasjon sammenlignet med de andre vegetasjonstypene, men dette har vi ikke undersøkt.

Vi har ikke funnet noen signifikant effekt av verken høyden over havet eller hellingsforholdene med hensyn på etablering av gran. Fraværet av en høydeeffekt må ses i lys av at egenskaper ved spireleiet vanligvis vil være en viktigere faktor for planteetablering av gran under ca 600 moh. (Mork 1971). Det skal også påpekes at etableringen av gran i stor grad er preget av bidraget fra ett enkelt frøår, med sommer- og høsttemperaturer godt over normalen (DNMI 2006). Dette tilsier at det var gode modningsforhold for frø også i høyere høydelag. At hellingsforholdene ikke påvirket resultatene signifikant kan skyldes at de fleste bestandene ligger i enten tilnærmet flatt terreng eller i moderat helling.

Antall toårig gran avtok signifikant med økende avstand fra takstflatene til skogkant med eldre trær. Dette resultatet samsvarer godt med tidligere undersøkelser som viser hvordan frøtilgangen avtar i forhold til avstanden til skogkant (Hesselman 1938, Bonnevie-Svendsen & Skoklefald 1965). Reduksjonen i planteantall med økende avstand er noe mindre i vårt materiale enn det Skoklefald (1985) observerte i to markberedte bestand i blåbær- og småbregneskog i Elverum og Våler. I bestandene han undersøkte avtok plantetallet raskest ut til ca 20–40 m avstand fra skogkant, og deretter noe mindre utover denne avstanden. Skoklefald (1985) påpekte også at det vil være store variasjoner i frøtilgang ved en gitt avstand fra kant og samtidig store spireleievariasjoner. Dette fører til at plantetilslaget kan variere sterkt selv i bestemte avstander fra kant. Planteetableringen vil også være relatert til mikroklimatiske forhold og vil dermed avhenge av om frøene faller nær en soleksponert eller mer skjermet bestandskant (Mork 1971). Den kanteffekten vi har estimert innebærer en utjevning av variasjon som skyldes slike ulike forhold.

4.2. Etablering av furu

Vi fant også en signifikant effekt av avstand til kantskog på etablering av furu. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser i furu av blant andre Kinnunen & Mäki-Kojola (1980) og Solbraa (1987). Denne effekten, som var langt mindre enn for toårig gran på de feltene vi har undersøkt, vil ha størst betydning på snauflater og i glisne frørestillinger (Skoklefald 1995).

Bærlyngtypen har ofte gode etableringsforhold for naturlig foryngelse av furu, og har vanligvis større andel furu i eldre skog sammenlignet med blåbær- og småbregneskog (Larsson et al. 1994). Det er

derfor som forventet at denne vegetasjonstypen kommer gunstigst ut med hensyn på etablering av furu. I utgangspunktet kan det virke overraskende at resultatene ikke viser forskjellig tetthet av furu på blåbær- og småbregnemark. Dette kan skyldes at feltene er markberedt. Videre ble det under feltarbeidet ikke foretatt noen vurdering av andelen av gran og furu i tilgrensende nabobestand. Dersom det eksisterer slike systematiske forskjeller i forhold til vegetasjonstypen, kan ulike frøtilgang fra tilgrensende skog ha påvirket resultatene uten at det har vært mulig å speile dette i analysene. Dette kan også bidra til å forklare at vi ikke har funnet sikre forskjeller i antall granplanter mellom blåbærskog og bærlyngskog.

Den klart positive sammenhengen mellom antall gjensatte frøtrær per daa på hogstflatene og tettheten av furuplanter tilsier at frøtreantallet bør økes dersom det er ønskelig å øke innblandingen av furu. På bakgrunn av at G14 er en bonitet som normalt passer for barblandingskog, vil flere frøtrær av furu kunne bidra til å redusere usikkerheten som er forbundet med å satse utelukkende på gran. Mulighetene for å gjennomføre dette avhenger av andelen furu i bestandet, som sammen med tynningshistorikken vil avgjøre om det finnes mange nok stabile trær å velge mellom.

Etableringen av furu avtok betydelig med økende høyde over havet. Tilsvarende resultat har blitt funnet i andre studier (Hagner 1962, Valkonen 1992, Hyppönen et al. 2005) og kan ses i sammenheng med lavere sommertemperatur som påvirker både frøproduksjonen og spire- og etableringsvilkårene (Mork 1938, Hagner 1965, Sarvas 1962, Bergan 1981). I lavere og midlere høydelag vil furua normalt produsere noe modent frø hvert år, men etter hvert som en beveger seg oppover mot fjellskogen blir frøproduksjonen mindre, og andelen frø av god kvalitet synker betraktelig (Nygaard og Skoklefald 2007). Selv om disse klimatiske betingede begrensningene ikke kan påvirkes gjennom skogbehandlingen, kan lavere frøproduksjon hos det enkelte tre kompenseres ved å sette igjen flere frøtrær. Frøproduksjonen i et bestand avhenger også av trærnes vitalitet og størrelse. For eksempel fant Karlsson (2000) ca 10 % økning i kongleproduksjonen hos furu for hver cm økning av diameter i brysthøyde fra 25–43 cm. Vi har ikke tatt hensyn til dette på annen måte enn å angi en minstediameter på 20 cm for å telle med frøtrær rundt prøveflatene. Det ble imidlertid i instruksjonen til taksatorene gitt noe åpning for skjønn på dette området. Dette medfører

at vitale trær med noe mindre diameter enn 20 cm kan være telt med, og vice versa.

I motsetning til for gran så fant vi ikke at alderen på feltene kunne forklare variasjonen i antall furuplanter. Dette resultatet står i motsetning til enkelte undersøkelser i vanlige frørestillinger på svakere furumark, der det er rapportert en gradvis økning i plantetallet opptil 10–15 år etter hogst (Hyppönen et al. 2005, Hallikainen et al. 2007). På bonitet G14 endres vegetasjonen etter hogst i langt større grad enn på svakere furumark, og effekten av markberedningen vil derfor også avta raskere. Avhengig av når det markberedes kan enkelte gode frøår derfor innvirke vesentlig på resultatet, og i større grad enn tidsfaktoren. Det var rapportert om god frøproduksjon hos furu i midlere høydelag i dette området i 2006 (Skogfrøverket 2010b), noe som kan forklare at det er relativt bra etablering av furu på de yngste feltene, til tross for den kortere foryngelsesperioden.

Etter fristilling vil kongleproduksjonen i frøtrær av furu øke, både på grunn av bedre næringstilgang og fordi de lavere delene av krona får mer lys (Karlsson 2000, 2006). På grunn av tidsforskyvingen mellom blomstringsinitiering og påfølgende frøfall kan denne fristillingseffekten tidligst gi seg utslag i økt frøfall fjerde vekstsesong etter hogst. Tilpasninger i forhold til valg av markberedningstidspunkt kan derfor også gi bedre tilslag ved foryngelse av furu (Karlsson og Örlander 2000). Dette er det imidlertid vanskelig å ta hensyn til når gran er påtenkt som hovedtreslaget i framtidsbestandet.

4.3. Vurderinger rundt foryngelsessituasjonen på feltene

Braastad (1983) har redegjort for sammenhengen mellom nullruteprosenten og det treantall som kan forventes etter regulering. Han fant at en nullrute prosent på 40 kan forventes å svare til et regulert treantall på 150 planter per daa i framtidsbestandet, forutsatt at nullrutene er nokså jevnt fordelt. Våre data viser at godt under halvparten av bestandene hadde en nullrute prosent som svarer til et så høyt regulert treantall, når en ser bort fra granplantene som spirte etter frøåret i 2006. Bidraget fra dette frøåret illustrerer på den annen side et potensial for god planteetablering forutsatt at markberedningen utføres like før et betydelig frøfall. Selv etter gode frøår vil imidlertid foryngelsessuksessen variere innen det enkelte bestand (Skoklefald 1985). På de feltene vi har undersøkt var dette mest tydelig

for de yngste granplantene, der antallet i takstflatene var sterkt korrelert med avstanden til skogkant med større trær.

Resultatene gir et bilde av situasjonen på et tidspunkt mens foryngelsen på de fleste feltene ennå er i en labil tilstand. Særlig er det rimelig å vente en del avgang blant de yngste plantene. Den langsiktige dynamikken med hensyn på nyrekruttering og avgang i markberedningsflekker er beskrevet blant annet av Skoklefald (1989), for et forsøksfelt i relativt fattig blåbærgranskog 500 moh. i Løten. Han fant at opptil to tredjedeler av toårig gran som hadde spirt etter flatehogst gikk ut i løpet av de neste fire årene. I samme forsøk var det også et betydelig antall nye planter som ble etablert etter de påfølgende frøårene, som inntraff to til seks vekstsesonger etter markberedningen. En avgang i tilnærmet samme størrelsesorden som Skoklefald (1989) rapporterte er også observert i andre undersøkelser (Hanssen 2002, Hanssen et al. 2003). Ved høy plantetetthet vil imidlertid betydelig avgang kunne tåles uten at dette gir store utslag i forhold til nullruteprosenten (Hanssen et al. 2003).

4.4. Markberedningens utførelse

Vi har i analysene ikke kunnet ta hensyn om de forskjellige feltene har vært markberedt med ulike metoder og utstyr. De fleste markberedningsfeltene i allmenningene, ca 95 %, har imidlertid vært flekkmarkberedt med Donaren aggregat i den aktuelle perioden, mens resten har vært markberedt med gravemaskin (driftssjef Jørgen-Petter Neremo, pers. med.). Vi har også kun hatt opplysninger om årstallet hvert felt har vært markberedt. Dette medfører at felter som er markberedt både tidlig og sent samme år fremstår med samme alder i datamaterialet. Da spireforholdene vil forringes i tråd med gjengroingen i markberedningsflekkene, vil dette utgjøre en ukjent støyfaktor i analysene. Det er likevel liten grunn til å tro at dette har påvirket resultatene vesentlig.

4.5. Konklusjoner

Takstintensiteten med hensyn på antall flater og taksert areal per bestand i denne undersøkelsen er for lav til at dataene kan brukes til å beskrive tilstanden presist for det enkelte bestand. En slik tilnærming ville vært meget arbeidskrevende med det betydelige antall bestand som er taksert. Resultatene bør derfor tolkes først og fremst med tanke på

å trekke ut hovedtrender for ulike arealkategorier, og for å belyse effekten av varierende skogforhold og skogbehandlingstiltak. Da studien er utført innen et begrenset geografisk område på Østlandet, og fordi foryngelsesresultatet i stor grad preges av bidraget fra ett enkelt frøår, kan resultatene heller ikke generaliseres uten videre. De sammenhenger som er observert føyer seg imidlertid godt til eksisterende kunnskap om emnet, og vi trekker ut følgende konklusjoner som de mest sentrale:

-Foryngelsessuksess for gran på disse arealene avhenger av at markberedningen planlegges i forhold til forventede frøår. Foryngelse etter åpne hogster på G14 bonitet bør derfor normalt baseres på planting når slik tilpasning ikke er mulig ut fra driftsmessige eller økonomiske hensyn.

– Planteantallet for gran er større i småbregneskog sammenlignet med blåbær- og bærlyngskog, på tross av at det er utført markberedning i samtlige

bestand som ble taksert. Dette indikerer at en på G14 bonitet bør prioritere småbregneskog for naturlig foryngelse i større grad enn blåbær- og bærlyngskog.

– Resultatene bekrefter en sammenheng mellom etablering av gran og takstflatenes avstand til kantskog. Ved naturlig foryngelse av gran bør det derfor legges stor vekt på hensiktsmessig arrondering av feltene.

– Etablering av furu økte med redusert høyde over havet, og økt antall gjensatte frøtrær. Dersom det er ønskelig å øke innblandingen av furu, for eksempel ved manglende frøproduksjon hos gran, indikerer undersøkelsen at antall frøtrær som settes igjen etter hogst bør økes der hvor dette er mulig.

– På grunn av den relativt store usikkerheten forbundet med naturlig foryngelse er det viktig at foryngelsesarbeidet følges opp med et kontrollsystem.

LITTERATUR

- Bergan, J. 1981. Foryngelse av furuskog i Troms og Finnmark. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 10/81. 69 s.
- Bjor, K. 1971. Forstmeteorologiske, jordbunnsklimate og spireøkologiske undersøkelser. Meddr norske SkogforsVes 28: 433–526.
- Bonnevie-Svendsen, C. og S. Skoklefeld 1965. Frøproduksjon i granskog. Norsk Skogbruk 11: 619–622.
- Braastad, H. 1983. Produksjonsnivået i glissen og ujamn skog. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 7/83. 42 s.
- Braathe, P. 1953. Undersøkelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran. Meddr norske SkogforsVes 12: 209–301.
- DNMI 2006. Været i Norge. Klimatologisk månedsoversikt. Året 2006. met.no info nr. 13/2006. 21 s. ISSN 1503–8017. http://met.no/Forskning/Publikasjoner/metno_info/2006/filestore/2006-13.pdf [11.03.10].
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Stockholm. 52: 262 s.
- Hagner, S. 1965. Cone crop fluctuations in Scots pine and Norway spruce. Stud.For. Suec. 33: 1–21.
- Hallikainen, V., Hyppönen, M., Hyvönen, J. og J. Niemelä 2007. Establishment and height development of harvested and naturally regenerated Scots pine near the timberline in north-east Finnish Lapland. Silva Fenn. 41: 71–88.
- Hanssen, K.H. 2002. Effects of seedbed substrates on regeneration of *Picea abies* from seeds. Scand. J. For. Res. 17: 511–521.
- Hanssen, K.H. 2003. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. For. Ecol. Manage. 180: 199–213.
- Hanssen, K.H., Granhus, A., Brække, F.H. og O. Haveraaen 2003. Performance of sown and naturally regenerated *Picea abies* seedlings under different scarification and harvesting regimes. Scand. J. For. Res. 18: 351–361.
- Hesselman, H. 1938. Fortsatta studier över tallens och granens fröspridning samt kallhyggets besåning. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 31: 1–64.
- Hyppönen, M., Alenius, V. og S. Valkonen 2005. Models for the establishment and height development of naturally regenerated *Pinus sylvestris* in Finnish Lapland. Scand. J. For. Res. 20: 347–357.
- Kangas, E. 1940. Cone injuries and seed crop of Norway spruce in 1937. Comm. Inst. For. Fenn. 26(2): 1–36.
- Karlsson, C. 2000. Seed production of *Pinus sylvestris* after release cutting. Can. J. For. Res. 30: 982–989.
- Karlsson, C. 2006. Fertilization and release cutting increase seed production and stem diameter growth in *Pinus sylvestris* seed trees. Scand. J. For. Res. 21: 317–326.
- Karlsson, C. og G. Örlander 2000. 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.
- Kinnunen, K. og S. Mäki-Kojola 1980. Natural regeneration of Scots pine in western Finland. Folia Forestalia 449: 1–18.
- Larsson, J. Y., Kielland-Lund, J. og S. Søgner 1994. Bar-skogens vegetasjonstyper. Landbruksforlaget. 132 s. ISBN 82–529–1626–0.
- Larsson, J.Y. 2005. Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. NIJOS håndbok nr. 01/05. 120 s. ISBN 82–7464–346–1.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D. og O. Schabenberger 2006. SAS® for Mixed Models, Second Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 814 s. ISBN 978–1–59047–500–3.
- Mork, E. 1938. Gran- og furufrøets spiring ved forskjellig temperatur og fuktighet. Meddr norske SkogforsVes 6: 225–249.
- Mork, E. 1971. Gjenvekstforsøk med planting, markberedning og såing med naturlig gjenvekst av gran på bonitetene C og D. Meddr norske SkogforsVes 28: 245–294.
- Nygaard, P. H. og S. Skoklefeld 2007. Naturlig foryngelse av furu. Forskning fra Skog og landskap 3/07: 53–56.
- Rummukainen, U. 1960. Abundance and quality of seed injuries of Norway spruce. Comm. Inst. For. Fenn. 52(3): 1–83.
- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Comm. Inst. For. Fenn. 53(4): 1–198.
- Skogfrøverket 2010a. Plantesalg norske skogplanteskoler 1942–2006. www.skogfroverket.no/Web/Informasjon/Statistikk.htm [12.03.10].
- Skogfrøverket 2010b. Skogstrærnes blomstring og frøsetting. www.skogfroverket.no/Web/Blomstring/Forside_blostring.htm [15.02.10].
- Skogfrøverket 2010c. Reduksjon av sankekvote på gran, grunnet mye skader på kongler og frø (Artikkel fra nyhetsarkiv, datert 16. september 2002). www.skogfroverket.no/Web/Informasjon/Nyhetsarkiv%202002.htm [11.03.10].
- Skoklefeld, S. 1983. Naturlig foryngelse på ulike skogtyper. Aktuelt fra statens fagtjeneste for landbruket 3: 12–18.
- Skoklefeld, S. 1985. Naturlig foryngelse av gran etter snauhogst og markberedning. Norsk Skogbruk 31(4): 8–9.
- Skoklefeld, S. 1989. Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflate. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 6/89. 39 s.
- Skoklefeld, S. 1995. Naturlig gjenvekst i frøtrestillinger av furu. Rapp. Skogforsk 3/95. 27 s.
- Solbraa, K. 1987. Markberedning og såing. Resultater og økonomi. Aktuelt fra statens fagtjeneste for landbruket 6: 25–33.
- Solbraa, K. 1990. Hirkjølen forsøksområde. Rapp. Nor. inst. skogforsk. 7/90. 27 s.
- Talgø, V., Sletten, A. og A. Stensvand. 2006. Soppsjukdomar på gran III. Granbarstripesopp, granrust, nålefallssopp og lokkrust. Skogeieren 10: 16–17.
- Valkonen, S. 1992. Forest regeneration at high altitudes in northern Finland. Folia Forestalia 791: 1–84.

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 $\frac{3}{4}$ 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

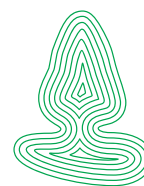
adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås



skog+
landskap

