

**Vekst og utvikling relatert til nattlengde for ulike
provenienser og frøplantasjematerialer av gran
(*Picea abies* (L.) Karst.)**

*Growth and development of spruce seedlings related to night length
reaction, bud set and flushing for different provenances and
seed orchard materials*



Ketil Kohmann

Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for naturforvaltning, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på Skogforsk.

Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til Skogforsk.

Redaktør for serien er
avd.sjef Bjørn R. Langerud,
Skogforsk

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng,
Skogforsk

ISBN 82-8083-027-8
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning
(Skogforsk), Høgskoleveien 12,
1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00
Fax: 64 94 29 80
E-post: skogforsk@skogforsk.no
Internett: <http://www.skogforsk.no/>

Forsiden: Skuddskyting på Hoxmark Forsøksgård
i Ås.

Foto: K. Kohmann

**Vekst og utvikling relatert til nattlengde for ulike
provenienser og frøplantasjematerialer av gran
(*Picea abies* (L.) Karst.)**

*Growth and development of spruce seedlings related to night length
reaction, bud set and flushing for different provenances and seed orchard
materials*

Ketil Kohmann



Forord

Med gode hjelpere i distriktene har denne undersøkelsen kommet i stand. Først og fremst vil jeg takke de to planteforedlerne i Nordland og Nord-Trøndelag, Gisle Skaret og Ragnar Sand. I Oppland har skogeier Christen Alseth ytet verdifull assistanse, likeledes har Biri Planteskole bidratt med assistanse ved revidering av feltene. På Skogforsk har gode kolleger gitt idéer og innspill. Jeg takker dem alle.

Sammendrag

KOHMANN, K. 2003. Vekst og utvikling relatert til nattlengde for ulike provenienser og frøplantasjematerialer av gran (*Picea abies* (L.) Karst.). *Growth and development of spruce seedlings related to night length reaction, bud set and flushing for different provenances and seed orchard materials*. Rapport fra skogforskningen 1/03:1-20.

Bakgrunnen for denne undersøkelsen var den usikkerhet med hensyn på bruksområder som beskrivelsen av ettereffekter i frøplantasjematerialet skapte.

Frøplantasjemateriale fra to svært avvikende årganger med hensyn på den kritiske nattlengden i 1987 og 1989 er testet i feltforsøk sammen med ordinært bestandsfrø i Nord-Norge, Nord-Trøndelag, i Oppland og på Ås, Akershus.

Proveniensene Bv6, Bv4, Aø4 og Aø4 skyter tidligere om våren enn nordnorske- og trønderprovenienser. Senest skyter materialet fra frøplantasjene. Årgangene fra 1989 har også seinere vekstavslutning enn 1987-årgangene. Det er ikke funnet noen sammenheng mellom vekstavslutning og tidlighet. Dette gir en mulighet til å velge vårfroststerkt og sentskytende frøplantasjemateriale fremfor tidligskytende lokalt materiale. I tillegg vil man kunne oppnå betydelig mertilvekst.

Overlevelsen ble satt på prøve i Oppland, i Nord-Trøndelag og i Nordland. Som regel var ikke stedegne provenienser best. Plantematerialet med mer sydlig opprinnelse, og plantasjematerialet som har senere skuddskyting om våren, hadde stort sett mindre avgang enn stedegent.

Flere av frøpartiene fra frøplantasjene viste bedre vekst enn stedegent materiale. Plantasjematerialet fra Oppland (Opsahl frøplantasje) er blant de bestvoksende både på Østlandet og i Nord-Trøndelag. Frøpartiene fra Lyngdal frøplantasje kan med fordel også brukes i midlere høydelag på Østlandet, men frøparti Epl89, som brukes mye på Helgeland, har vist seg å være ekstremt sentskytende om våren, har sen vekstavslutning og vokser dårlig.

Frysetesting i oktober viser at proveniensene som er flyttet lengst sør (P1 og O1) får redusert herdighet i knoppene, men sannsynligvis ikke til et kritisk nivå.

Nøkkelord: avgang, frostskaider, gran, høydevekst, kritisk nattlengde, vekstrytme.
Key words: *critical night length, frost damage, growth rythm, height growth, mortality, spruce.*

Innhold

1. Innledning	4
2. Materiale og beregninger	4
3. Resultater	7
3.1 Akershus, feltet Ås	7
3.2 Oppland, feltene Alseth 450 m o.h. og Alseth 700 m o. h.	9
3.3 Nord-Trøndelag, feltene Kråkholten, Leksvik og Finsås	12
3.4 Nordland, feltene Strømsåsen og Forsjord.....	13
4. Diskusjon og konklusjoner	14
Summary	18
Litteratur	19

1. Innledning

I arbeidet med å kartlegge frøplantasjepartiers og norske granproveniensers nattlengdereaksjoner med hensyn på knoppsetting (Kohmann 1996) ble det funnet at frøplantasjepartier som i utgangspunktet var tenkt brukt nordafjells ($> 63^{\circ}\text{N}$) kunne ha samme nattlengdereaksjon som høydodelagsprovenienser i Sør- Norge og som mer sydlige, naturlige populasjoner i Trøndelag. Dette forhold ble funnet å være mer utpreget for 1989-årgangene enn for 1987-årgangene (Kohmann and Johnsen 1994). Det ville imidlertid ikke være forsvarlig å tilrå bruk av frøpartiene bare etter kriteriet nattlengdereaksjon. Tidspunktet for skuddskyting om våren, som er en arvbar egenskap, er også en vesentlig egenskap med hensyn på vekstrytme og tilpasning til klimaet på lokaliteten (Dietrichson 1967; Skrøppa 1982). Feltforsøk er derfor den eneste forsvarlige måte å undersøke hvor frøpartier med betydelige ettereffekter, det vil si egenskaper hos avkommet som avviker fra den opprinnelige populasjonen, passer.

På denne bakgrunn tok jeg initiativet til å anlegge en serie forsøk der også forhold vedrørende vekststart om våren samt studier av overlevelse og vekst inngikk. Det primære formål med undersøkelsen er å kunne tilrå bruksområder for plantasjemateriale bedre.

2. Materiale og beregninger

Forsøkene ble anlagt i Nordland, Nord-Trøndelag, Oppland og i Akershus (på Skogforsks forsøksgård Hoxmark i Ås) våren 1994. Det inngikk i alt 16 provenienser og frøpartier som ble lagt ut med én plante av hver proveniens i hvert av 45 gjentak. I Nordland, Nord-Trøndelag og i Oppland la vi ut tre forsøk, i Akershus ett forsøk. Forsøkernes beliggenhet går frem av tabell 1.

Tabell 1. Forsøkernes beliggenhet og høyde over havet.

The locations of the field trials.

Forsøkstedets navn, Kommune <i>Name of trial plot, Community</i>	Fylke <i>County</i>	Bredde- (N) og lengdegrad (Ø) <i>Latitude (N) and longitude(E)</i>	H.o.h. m <i>H. asl. m</i>
Strømsåsen, Vefsn	Nordland	65°56', 13°24'	60
Forsjord, Vefsn	Nordland	65°43', 13°14'	120
Kråkholten, Namsos	Nord-Trøndelag	64°29', 11°40'	20
Leksvik, Leksvik	Nord-Trøndelag	63°41', 10°30'	300
Finsås, Snåsa	Nord-Trøndelag	64°13', 12°14'	30
Alseth 450 m o.h., Biri	Oppland	60°58', 10°31'	450
Alseth 700 m o.h., Biri	Oppland	61° , 10°19'	700
Hoxmark, Ås	Akershus	59°40', 10°53'	100

Det ble også anlagt et felt på Skogstad i Vefsn. Forsøket ble lagt ned på grunn av stor avgang - uten at avgangen kunne sees å ha samband med proveniens. Likeledes ble det anlagt et felt på Bonstad i Alseth skog, Biri, som ble rasert av sauebeiting.

Rapport fra skogforskningen

Plantematerialet i forsøkene går frem av tabell 2.

Tabell 2. Opprinnelse for de provenienser og frøpartier som inngikk i de seks forsøkene i Nordland, Nord-Trøndelag, Oppland i Akershus. Frøpartiet Ops87 ble bare brukt i Nordland i stedet for A6.

The origin of the provenances and seed lots used in the trials in Nordland, Nord-Trøndelag, Oppland and Akershus.

Proveniensi/ frøplantasje, årgang <i>Provenance/ seed orchard, year</i>	Kommune / Frøplantasje <i>Community/ seed orchard</i>	Fylke <i>County</i>	Bredde- (N) og lengdegrad (Ø) <i>Latitude (N) and longitude (E)</i>	H.o.h., m <i>H. asl.,m</i>	Kritisk nattlengde (NL50) <i>Critical nightlength</i>
P1 - 1970	Hemnes	Nordland	66°10', 13°50'	100	4,8
O1 - 1970	Grane	Nordland	65°30', 13°30'	100	5,0
L1 - 1970	Namdalseid	Nord-Trøndelag	64°15', 11°10'	100	5,5
K1 - 1983	Skaun - Klæbu - Stjørdal	Sør-Trøndelag	63°18', 10°29'	100	5,9
Aø6 - 1976	Trysil - Rendalen	Hedmark	61°30', 11°30'	600	6,5
Aø4 - 1983	Åmot - Rendalen	Hedmark	61°40', 11°10'	400	6,9
Bv6 - 1989	Gol - Hemsedal	Buskerud	60°45', 8°50'	600	6,0
Bv4	Søndre Land	Oppland	60°40', 10°20'	400	7,1
Ops87 - 1987	Opsahl	Oppland	61°26', 10°14'	250	6,6
Ops89 - 1989	Opsahl	Oppland	61°26', 10°14'	250	7,1
Kau89 - 1989	Kaupanger	Sogn & Fjordane	61°11', 7°11'	20	7,9
Dal87 - 1987	Dale, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	100	5,6
Dal89 - 1989	Dale, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	100	6,9
Epl87 - 1987	Epledal, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	20	5,8
Epl89 - 1989	Dale, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	20	6,5
Nyl87 - 1987	Nyland, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	100	6,3
Nyl89 - 1989	Nyland, Lyngdal	Vest-Agder	58°04', 7°04'	100	7,3

Den kritiske nattlengden (NL50), som viser den nattlengden der 50 % av plantene går i knopp (Dormling & al 1968), er tidligere målt i klimakamre (Kohmann 1996), og det er denne registreringene som ligger til grunn for denne klassifiseringen.

For å gjøre det enkelt vil jeg i det følgende bruke begrepet proveniens også om materialet fra frøplantasjene.

På feltet Hoxmark i Ås ble tidlighet for knoppsskyting registrert i 1998 og 1999 med en karakterskala (Fløistad & Kohmann 2001) der

- 0 = sovende knopper
- 1 = knopper som har svullet litt
- 2 = knopper som har svullet mye, men der knoppkjellene fortsatt dekker nålene
- 3 = knoppkjellene har åpnet seg, men ingen strekningsvekst av nålene
- 4 = strekning av nålene inntil 5 mm, men nålene ennå samlet

- 5 = nålene har strukket seg 5-10 mm, nålene er spredt
 6 = nålene har strukket seg 10-15 mm
 7 = nålene har strukket seg 15-20 mm

På feltene i Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, Oppland og i Akershus målte vi også strekningen av toppskuddet gjennom sesongen 2001 slik at vi skulle få et relativt uttrykk for vekststart og vekstavslutning.

Frysetesting

I forsøket i Akershus ble det utført frysetesting av proveniensene den 29. september 2000. Kvister tok jeg fra alle trær i de 24 første gjentakene i forsøket, 10 kvister av siste skudd fra tredje og fjerde greinkrans fra hvert tre, i alt 3840 kvister. Kvistene ble stukket i brett, 6 brett med 4 kvist fra hver sort i hvert av 8 fryseskap. Fryse-temperaturene gikk fra -12°C til -33°C med 3 graders intervall. Nedfrysingen forløp med en hastighet på 2°C pr. time. Testtemperaturen ble holdt i 4 timer. Opptiningen foregikk med samme hastighet som nedfrysingen. Utgangstemperaturen for den programmerte nedfrysing/opptining var 5°C. Ved 0°C ble kvistene tåkevannet i 15 sekunder for å starte dannelsen av iskrystaller utenfra og inn i nålene og hindre underkjøling (Johnsen 1989).

Etter nedfrysingen ble kvistene plassert i veksthus og satt under tåkevanning med intervaller. Etter to uker startet den visuelle registreringen av skadene.

Nåleskader ble registrert slik:

- 0 = ingen synlig skade
 1 = inntil 10 % misfargete eller brune nåler
 2-10 = misfargete og brune nåler i 10 %- intervall.

Kambiumskader ble registrert på tilsvarende måte:

- 0 = ingen skader
 1 = inntil 10% av kvistens lengde fra toppknoppen har dødt og brunt kambium
 2-10 = dødt og brunt kambium i 10%-intervall

Knoppskader ble registrert som grønn og uskadet knopp (0) eller brun og skadet (1).

Beregninger

Forsøkene er analysert med variansanalyse med et statistikkprogram (proc GLM) i SAS (SAS Institute Inc. 1989) med 'felt', 'gjentak(felt)' og 'felt x sort' som tilfeldige effekter. Der et enkelt forsøk ble testet separat ble gjentak og samspillet sort og gjentak brukt som tilfeldig effekt. For testing av forskjeller er det brukt LSMEANS med Pdiff der 0-hypotesen er testet for p=0.01 og/eller SNK der 0-hypotesen er testet for p=0.05. Ved beregning av frekvenser for de ulike merknader

og skader ble fem gjentak slått sammen som grunnlag for frekvensberegning. Frekvensverdiene ble vinkel-transformert for ikke å bryte forutsetningene for testene om å bruke normalfordelte verdier og homogen varians mellom grupper (Snedecor & Cochran 1972).

Karakterer for tidlighet ble transformert til normalverdier etter en metode benyttet av Ericsson (1994). De transformerte data nærmer seg en normal fordeling med forventning lik 0 og varians fra 0.7 -0.9.

3. Resultater

3.1 Akershusfeltet, Ås

Avgang og skader

Det er liten avgang i forsøket, mindre enn 6 %, og den var uforandret fra året etter etablering til 2001. Det er heller ingen forskjeller mellom proveniensene.

Karakteren høstskudd ble registrert både i 2000 og i 2001, og analysen de to årene viste nær identiske resultater. Bv4 har 16 % trær med høstskudd, og dette er signifikant mer enn alle de andre proveniensene med unntak av Bv6 og Kau89 som har ca 8 % trær med høstskudd.

Provensiene Aø4, Kau89, Dal89 og L1 har signifikant flere trær med dobbelttopp (ca 16 %) enn Bv6 og Epl89 som har ca 3 % slike trær.

Høydeutvikling og samband med kritisk nattlengde

Det er signifikante forskjeller i høyde- og høydeutvikling gjennom de åtte vekstsesongene. Sammenhengen mellom høyde og kritisk nattlengde for proveniensene øker jevnt fra $r=0,58$ i 1995 til $r=0,80$ i 2001. Det er særlig Dal87 og Nyl87 som vokser bedre enn forventet ut fra den kritiske nattlengden. Sammenhengen mellom kritisk nattlengde og tilveksten de enkelte år fra 1996 og til 2001 varierer fra år til år. I året 1996, mens plantene ennå var under etablering, var det ingen sammenheng. I året 1998 og 1999 var korrelasjonen henholdsvis, $r=0,81$ og $r=0,87$. For tilveksten i hele perioden er $r=0,80$, det samme som for total høyde.

Vekstrytme

Tidligheten som ble målt med karakterer for utviklingsstadiet av knopper og den første strekning 29. mai i 1998 og 27. mai i 1999 viste en signifikant korrelasjon på $r=0,94$. (Uten transformering til 'normal score'-verdier var korrelasjonen $r=0,93$). Det var signifikante forskjeller mellom provenienser med hensyn på tidlighet, men tidligheten for de ulike provenienser viste ingen korrelasjon med tilvekst i ulike perioder eller i hele perioden. Provensiene Bv6, Bv4, Aø4, Aø6 og Kau89 var de tidligste proveniensene, og alle var signifikant tidligere enn Nyl87, Ops89, Dal87 og -89, Epl87, Nyl89 og Epl89 som var senest i gang med skuddskytingen. Provensiene fra Nordland (P1 og O1) og Trøndelag (L1 og K1) kommer mellom disse to grupper, men er signifikant senere enn den tidligste proveniensen - Bv6. Det var ingen sammenheng mellom tidlighet og kritisk nattlengde.

Skuddets andel av den totale strekningsvekst i året ble målt 29. juni 1998, 24. juni 1999, 12. juni 2001 og 2. juli 2001. Målingene i juni måned viser fortsatt at det er høydelsproveniensen fra Østlandet og proveniensene fra Trøndelag og Nordland som er kommet lengst med hensyn på strekningsvekst. Bv6 er kommet lengst og skiller seg signifikant fra alle unntatt P1 og Aø6 og Aø4. Registreringen den 2. juli begynner allerede å vise rangeringen med hensyn på vekst avslutning. Toppskuddet på Bv6 har ved dette tidspunkt vokst ca 90 % av full lengde. Til sammenligning har proveniensene fra frøplantasjene vokst fra 73 - 82 %. Det er imidlertid liten sammenheng med strekningen den 2. juli og kritisk nattlengde, $r=0,57$.

Frysetest

Frysetesten viste signifikante forskjeller mellom provenienser for alle de målte karakterer; barskade, kambiumskade og for knoppskade. På de høyeste temperaturer, -12°C og -15°C var bar- og kambiumskadene svært små, og knoppskader fraværende. Det er en positiv korrelasjon mellom barskader og kambiumskader ($r=0,69$, $p=0,0001$), og en sterk sammenheng mellom bar- og kambiumskader og kritisk nattlengde, $r=0,88$, $p=0,0001$. Samme størrelsesorden for korrelasjonen med kritisk nattlengde får man når sammenhengen beregnes separat for kambiumskader og for barskader. Tabell 3 viser derfor gjennomsnittet av kambium- og barskade.

Det er imidlertid en negativ korrelasjon mellom kambium- og barskader og den vinkel-transformerte verdien for knoppskader, $r= -0,60$, $p=0,0144$. Det er P1 og O1 som har mest knoppskader og samtidig minst barskader og kortest kritisk nattlengde (NL50 = 4,8 og 5,0). Tar man disse to provenienser ut av beregningene finner man ingen sammenheng mellom knoppskader og barskader og ingen sammenheng mellom knoppskade og kritisk nattlengde.

Kau89, Bv4 og Dal89 har signifikant større grad av bar- og kambiumskader enn Aø6 og de med færre skader enn denne, og P1, O1 og Epl87 har signifikant færre skader enn alle - med unntak av L1 (Tabell 3).

Tabell 3. Graden av bar- og kambiumskade i frysetesten for de ulike provenienser. Provenienser som har felles merknadsbokstav er ikke signifikant forskjellige.

The mean damage on cambium and needles in the freezing test. The provenances with the same letters in the 'remark' are not significantly different.

Proveniens <i>Provenance</i>	Graden av bar- og kambiumskade <i>Mean needle- and cambium damage</i>	Merknad <i>Remark</i>
Kau89	5.6	a
Bv4	5.4	ab
Dal89	5.2	abc
Nyl89	5.1	bdc
Nyl87	5.0	bdc
Aø4	4.9	dc
Aø6	4.7	ed
K1	4.3	ef
Ops89	4.1	f
Bv6	4.0	fg
Dal87	3.9	fg
Epl89	3.9	fg
L1	3.6	gh
Epl87	3.2	h
O1	3.1	h
P1	2.4	i

For frøpartiene Dal og Epl er det signifikante årgangsforskjeller; 1987- årgangen har færre skader enn 1989-årgangen.

3.2 Oppland, feltene Alseth 450 m o.h. og Alseth 700 m o.h.

Avgang og skader

På begge felt er det de samme provenienser som rangerer med størst avgang, men 450 m o.h. er det bare Aø4 som har signifikant størst avgang med 13 %. På 700 m o.h. ligger Aø4 i den øvre halvpart med en avgang på 24 %, men som ikke er forskjellig fra de andre proveniensene. Nyl89, Nyl87, Kau89, Bv4 og Bv6 har mer enn 30 % avgang, og det er signifikant mer enn Dal89, Ops89 og Epl89 med 11-16% avgang.

Sammenhengen mellom kritisk nattlengde og avgang målt i 2001 er meget svak. ($r=0,40$), og det er ingen sammenheng mellom avgang og tidlighet ($r=0,22$). Når de to feltene beregnes sammen, finnes signifikante forskjeller i avgang mellom provenienser i 1995 og i 2001. Nyl89, Nyl87, Bv6, Kau89 og Aø4 har alle signifikant større avgang enn Ops89, Dal87, Dal89 og Epl87. Nyl89, Nyl87 og Bv6 har også signifikant større avgang enn L1 og O1 (Fig. 1.).

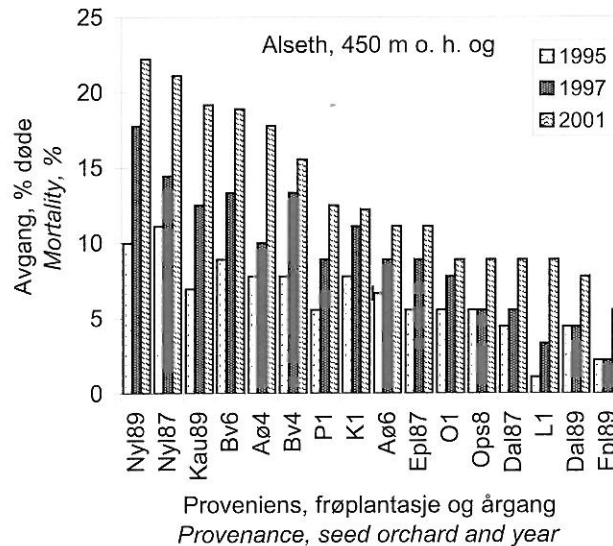


Fig. 1. Avgang i gjennomsnitt for feltene Alseth 450 m o.h. og 700 m o.h. gjennom tre år; 1995, 1997 og 2001.

The average mortality for the two trials at Alseth 450 m and 700 m asl. for the years 1995, 1997 and 2001.

For ulike skader og feil ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom proveniensene.

Høydeutvikling

Det er samspill mellom proveniens og felt, og feltene er derfor analysert hver for seg. For eksempel er Kau89 blant de høyeste på Alseth 450 m o.h., mens den på 700 m o.h. er nest lavest. Likeledes er O1 nest lavest 450 m o.h. mens den er blant de høyere på 700 m. o.h.

Alseth 450 m o.h.

Det er store forskjeller i høyde i 2001 mellom proveniensene; fra ca 210 cm for de høyeste proveniensene til ca 165 cm for de laveste. Nyl89, Nyl87, Dal89 og Ops89 er signifikant høyere enn Bv4, Epl87, Epl89, Aø6, K1, L1, Bv6, O1, og P1. Det er små og ikke signifikante forskjeller mellom 1987- og 1989- årgangene. Ca 60 % av høyden i 2001 kan relateres til kritisk nattlengde ($r=0,77$).

Alseth 700 m o.h.

Forskjellene i høyde varierer fra Nyl89 med ca 120 cm til Bv6 og Kau89 med ca 96 cm. Det er imidlertid kun signifikante forskjeller i høyde mellom Nyl89 og gruppen

Aø6, Bv4, Epl89, P1, Nyl87, Kau89 og Bv6. Det er ingen sammenheng mellom høyde og kritisk nattlengde ($r=0,04$).

Vekstrytme

Den 26. juni 2001 hadde skuddskytingen på feltet 700 m o.h. nådd fra 12 % for Bv6 til 2 % for Epl89 av total toppskuddlengde. På feltet 450 m o.h. hadde skuddskytingen den 26. juni nådd 37 % for Bv6 og 20 % for Epl89. Dette gir uttrykk for 'tidligheten'. Våren var uvanlig sen dette året. Korrelasjonen mellom tidligheten på de to feltene var $r=0,89$. Bv6 er tidligst ute og signifikant tidligere enn alle de andre proveniensene unntatt Aø6. Aø6 er signifikant tidligere ute enn alle plantasje-provensiene unntatt Kau89. P1, O1, L1, Bv4, Aø4, K1, og Kau89 er alle tidligere enn de som har skutt senest; Dal89, Nyl89 og Epl89. 1987-årgangene fra Lyngdal er alle tidligere ute enn 1989-årgangene, men det er bare signifikans for Epledal.

Det er ingen sammenheng mellom tidligheten og kritisk nattlengde (NL50).

Den 9. juli 2001 ble også toppskuddet målt og regnet i prosent av skuddets totale lengde. For feltet på 700 m o.h. hadde Aø6, Bv6, O1, P1 og Kau89 strukket seg fra 64 % til 70 % av full strekning, mens Nyl89, Dal89 og Epl89 bare hadde strukket seg ca 46 % av full strekning. På 450 m o.h. var trærne kommet nærmere vekst avslutning. Bv6, L1, P1, O1 og Aø6 hadde vokst ca 85 % av full lengde, mens alle plantasjeårgangene fra 1989 var kommet kortest med fra 70 - 75 % strekning. For begge felt var Bv6 og Aø6 kommet signifikant lengre i skuddskytingen og var nærmere vekst avslutning enn alle plantasjesortene samt Bv4. Dal89, Epl89 og Nyl89 var kommet signifikant kortere enn alle de andre proveniensene.

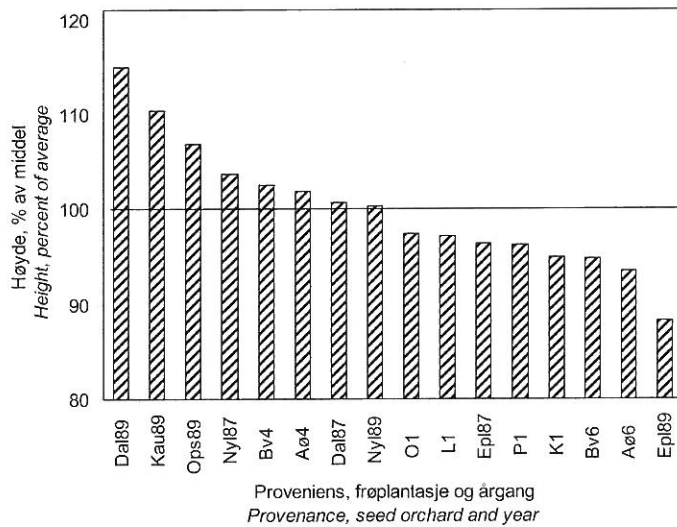


Fig. 2. Høyde for de ulike proveniensene og frøpartier i % av middelhøyden for de tre forsøkene i Nord-Trøndelag.

The height of the different provenances and seed orchard material in % of the mean height for the three trials in Mid-Norway.

Den negative korrelasjonen mellom strekningsveksten den 9. juli og kritisk nattlengde (NL50) er signifikant ($r = -0,53$). For hele toppskuddlengden og den totale trehøyde er den positive sammenhengen med kritisk nattlengde høyere, og henholdsvis $r = 0,76$ og $r = 0,73$. Mellom strekningen 26.juni og 9.juli er det negativ korrelasjon, $r = -0,77$).

3.3. Nord-Trøndelag, feltene Kråkholten, Leksvik og Finsås.

Avgang og skader

Det er ingen forskjeller i avgang, som varierer fra 17 % (Aø6) til 22 % (Dal89), for de ulike frøpartiene. Men det er forskjeller i frekvensen av planter med dobbelttopp og gankvist. Dal87, P1, Ops89 og Bv6 har signifikant færre ($p < 0,01$) slike feil enn Epl89. For karakteren 'høstskudd' varierer andelen fra 1% for P1 til 14 % for Aø4 og Aø6, men det er ingen signifikante forskjeller mellom proveniensene.

Høydeutvikling

For tilveksten fra 1996 til 2001 og for plantehøyde i 2001 er det funnet signifikante forskjeller mellom frøpartiene. De fire frøpartier med dårligst vekst er forskjellige fra de tre med best vekst (Fig. 2) Det er også signifikante forskjeller mellom felt, og det er samspill for 'frøparti x felt' ($p = 0,05$). Det er ingen korrelasjon mellom høyde og kritisk nattlengde. Ved gruppering av frøpartiene i fire grupper; materiale fra Nordland og Trøndelag (1), østlandske provenienser og Ops89 (2), frøpartier fra Lyngdal frøplantasje 1989 og Kau89 (3) og Lyngdal frøplantasje 1987 (4), er det signifikante forskjeller for høyde og tilvekst når analysen utføres for de to feltene Kråkholten og Finsås. Vi kan merke oss at på de to feltene Leksvik og Finsås er det Epledal av årgang 1989 som har svakest vekst av alle. Den lokale proveniensen L1 er også svært underlegen det beste plantasjematerialet unntatt på feltet Leksvik.

Det er ingen sammenheng mellom høydeutvikling og frekvensen av gankvist og dobbelttopp ($r = 0,10$) og heller ikke mellom frekvensen av gankvist/dobbelttopp og kritisk nattlengde ($r = 0,14$). For tilveksten er det en svak sammenheng med kritisk nattlengde ($r = 0,52$).

Vekstrytme

Vekstrytmen ble undersøkt ved måling av strekningsveksten av toppskuddet den 19. juni, 2. juli og 12. juli på Kråkholten og Finsås (Fig. 3). Målingen den 19. juni, som gir uttrykk for tidligheten, og målingen 2. juli viste signifikante forskjeller mellom sortene ($p = 0,001$). De østlandske proveniensene er tidligst i gang om våren, fulgt av nordlands- og trønderproveniensene, mens plantasjematerialet er senest i gang med veksten om våren. På den annen side ser vi også at plantasjematerialet har mest igjen på strekningsveksten den 12. juli. Det er også signifikante forskjeller mellom feltene ($p = 0,15$), men ikke samspill mellom 'sort x felt'. Mellom strekningsveksten den 12. juli og kritisk nattlengde var det en signifikant sammenheng $r = 0,65$ ($p = 0,006$). Det er ingen sammenheng med kritisk nattlengde den 19. juni eller 2. juli.

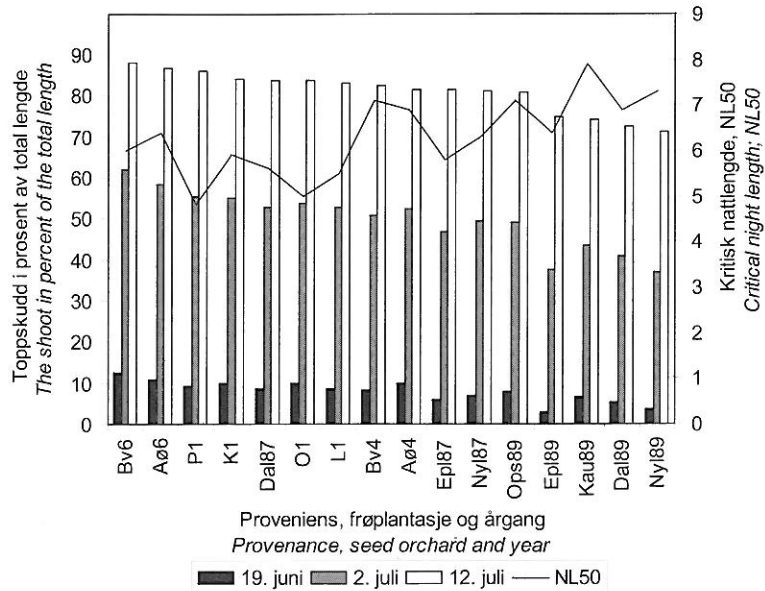


Fig. 3. Lengden av toppskuddet på tre ulike datoer i prosent av total lengde ved årets slutt for de ulike provenienser og frøplantasjemateriale. Den kritiske nattlengden er tegnet inn som en kurve.

The length of the top shoot at three different dates in percent of the total length at the end of the growing season for the different provenances and seed orchard material. The critical night length is marked as a curve.

3.4. Nordland, feltene Strømsåsen og Forsjord

Avgang og skader

Avgangen på feltene Strømsåsen og Forsjord økte fra 15-20 % avgang ved registrering om høsten året etter etablering til ca 40-60 % i 1997. Variansanalysen viste signifikante forskjeller mellom provenienser ($p=0,025$), og den påfølgende analyse for 'LSMEANS' viste signifikante forskjeller mellom Ops87, Aø6, K1, Aø4, Nyl89 og Dal89 med minst avgang og O1, Epl89 med størst avgang. Ops87, Aø6 og K1 hadde også signifikant mindre avgang enn P1 og L1. Ops87 hadde også signifikant mindre avgang enn Kau89 og Epl87.

Det er ikke sammenheng mellom kritisk nattlengde og avgangen i 1995 ($r=0,32$ og $p=0,24$) og den er svak og ikke signifikant i 1997 ($r=0,44$ og $p=0,09$). Heller ikke avgangen fra 1995 og til 1997 viser korrelasjon med kritisk nattlengde.

Høydeutvikling

Høydene ble bare målt på feltet Strømsåsen i 2001. Bv4, Dal87 og P1 hadde signifikant lavere høyder (ca 60 cm) enn Ops87 med 90 cm høyde.

4. Diskusjon og konklusjoner

Klonene i de ulike frøplantasjer kommer fra utvalgte mortrær som er bedømt å være bedre med hensyn på vekst og form enn gjennomsnittet. I Sverige er forventet økning i verdiproduksjonen beregnet til 10-20% (Wilhelmsson & al. 1992). Forutsetningen for en slik merproduksjon er imidlertid at plantasjematerialet brukes der det er tilpasset klimaet. En riktig 'timing' av vekstavslutningen er vesentlig. Et relativt tall for vekstavslutningen gir den kritiske nattlengden (Dæhlen & al.1995, Kohmann 1996). For plantasjematerialet er det imidlertid funnet årgangsvariasjoner i den kritiske nattlengden (Kohmann & Johnsen 1994). Årene 1987 og 1989 kan antagelig betraktes som foreløpige ekstremer i dette forholdet. Typisk for plantasjene er at plantematerialet enten er flyttet sydover (for eksempel Lyngdal frøplantasje) eller til lavere høydslag (for eksempel Opsahl og Kaupanger frøplantasjer). Dette har ført til at avkommet har fått en øket kritisk nattlengde som skulle tilsi at bruksområdet flyttes sydover, mest for 1989-årgangen og minst for 1987-årgangen. Den endring i den kritiske nattlengden til avkommet, som skjer når plantematerialet flyttes til et annet klimaområde med endrete klimatiske forhold og med en annen nattlengde i forhold til årstid, kalles gjerne 'ettereffekter'. Helt åpenbart er slike effekter til stede også i naturlige bestand.

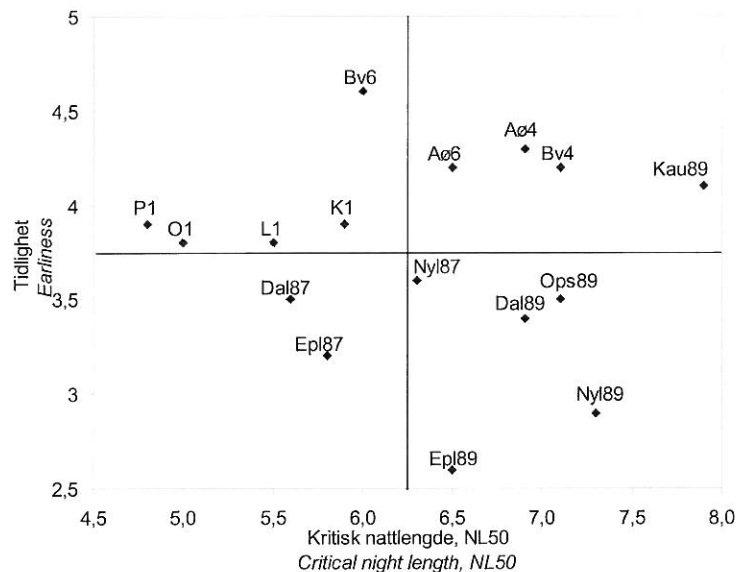


Fig. 4. Figuren illustrerer hvordan man kan velge et frøparti fra en frøplantasje som har omtrent samme vekstavslutning (nattlengde-reaksjon) som et bestandsfrøparti, men som vil skyte senere om våren. I Trøndelag kan for eksempel Dal87 og Epl87 brukes i stedet for L1 og K1. På Østlandet kan Nyl87, Dal89 og Ops 89 brukes i stedet for Aø6, Aø4 og Bv4.

The figure shows the possibility of using a seed orchard seed lot that will set bud at almost the same time as the stand collected seeds, but will have a later flush in the spring. Instead of the provenances L1 and K1, the seed orchard material Dal87 and Epl87 should be preferred. Likewise, instead of the provenances Aø6, Aø4 and Bv4, the seed orchard material Nyl87, Dal89 and Ops89 should be preferred.

Ved siden av den kritiske nattlengden er tidspunktet for skuddskyting om våren (tidligheten) av avgjørende betydning for treets tilpasning. I motsetning til den kritiske nattlengden, hvis betydning tilsynelatende avtar med økende alder på treet, manifesterer tidligheten seg etter hvert sterkere etter planting. Den største variasjonen finner vi på unge trær som er 1 m – 1,5 m høye.

Mens den kritiske nattlengden er målt tidligere på samme frøpartier, nærmest i en forlenget spiretest, er tidligheten målt i forsøket på en del av forsøksfeltene. Rangeringen av tidligheten mellom frøpartiene (proveniensen) var forventet å være lik, enten den er registrert i Trøndelag eller på Østlandet, og målingene viste svært høy korrelasjonen, $r=0,94$, når tidligheten ble beregnet som andel strekningsvekst for feltet Hoxmark og for de to feltene i Nord-Trøndelag. Den samme korrelasjon for Hoxmark og de to feltene i Oppland var $r=0,96$. Det er m.a.o. stor sammenheng mellom tidligheten i Akershus, i Oppland og i Nord-Trøndelag; de samme provenienser er tidlige og de samme provenienser er sene.

Tidligheten på feltet Hoxmark ble målt både med karakterer og med andel strekningsvekst av hele årets strekningsvekst. Den første målingen av strekningsveksten ble utført 12/6. Da hadde den tidligste proveniensen, Bv6 allerede strukket seg ca 35 % av den totale strekningsveksten, mens den seneste proveniensen, Epl89 bare hadde strukket seg ca 17 %. Tidspunktet for registrering burde ideelt sett vært noe tidligere for at ikke proveniensenes vekstenergi skal komme til uttrykk. Bv6 er den 12. juni inne i en sterk periode for strekningsvekst som de senest skytende proveniensenene ennå ikke har nådd. Måling av den første strekningsvekst som et mål på tidlighet burde derfor skje når de seneste proveniensenes toppskudd har vokst mindre enn 10 % av sitt totale årsskudd. Hvor langt dette er kan vurderes ut fra foregående års strekningsvekst. Til tross for denne svakhet ved bruk av strekningsveksten ved gitt tidspunkt som mål på tidligheten, er korrelasjon med karakteren tidlighet (Fløistad & Kohmann 2001) høy, $r=0,85$.

Det er ikke funnet noen sammenheng mellom tidlighet og kritisk nattlengde. Dette innebærer at man for eksempel kan velge et veksterlig plantasjemateriale med samme kritiske nattlengde som det stedegne materialet har og samtidig ha en senere skuddskyting. Dette vil kunne gi redusert risiko for senfrost. I Nord-Trøndelag kunne man i stedet for å bruke proveniensen L1 bruke proveniensen Dal87, som har tilnærmet likt tidspunkt for vekstavslutning og tidlighet, eller proveniensen Epl87 som har litt senere vekstavslutningen, men som også skyter senere om våren (Fig.4). Gevinsten ved å bruke Dale87 vil være ca 10 % bedre vekst enn L1 på alle de tre feltene, mens Epl87 vokser ca 10 % bedre bare på Finsåsfeltet, men vil ellers være mindre utsatt for vårfrost enn L1.

Dårlig klimatilpasning med hensyn på tidlighet og vekstavslutning (kritisk nattlengde) kan forventes å ville slå ut i avgang og eventuelt også dårlig vekst. Avgangen kan imidlertid også være tilfeldig (planting, plantelokalitet) eller også knyttet opp mot det forhold at store planter vil ha større sjanse for å overleve enn små planter (Kohmann 1995, 1999), og i en skjermet produksjon vil planter med høy kritisk nattlengde som regel være lengre enn planter med liten kritisk nattlengde. Dette forhold vil utvilsomt gjøre seg gjeldende mellom bestandsfrø og plantasjefrø. I tillegg kan vi forvente opp til 10 % større vekst fra selektert materiale i en førstegenerasjons frøplantasje (Rosvall & al. 2001).

Frysetesten

For feltet i Akershus (Hoxmark i Ås) ble det også utført frysetester som viste en klar sammenheng mellom barskader og kritisk nattlengde; baret innvintre best på de som innvintre tidligst. De to provenienser O1 og P1 som har kortest kritisk nattlengde, har imidlertid fått mest knoppskader i frysetesten. Dette kan forklares med at gjennom en, for disse provenienser, lang og varm høst er knoppenes opprinnelige hardighetsnivå etter hvert blitt svekket. Knoppene er blitt avherdet. På Hoxmark inntraff første frostnatt i 1990-årene fra omkring første uke av oktober og senere (inntil 18. desember) (ITF 2001). Knoppene har således stått i varmt klima i en vesentlig lengre periode enn på proveniensens lokalklima. Skal denne prosessen imidlertid kunne fastslås, bør det utføres en mer omfattende undersøkelse med flere frysetester tidligere enn 29. september. For bar- og kambiumskader reflekterer frysetesten på Ås den vel kjente klinale breddegrad-/høydelagsvariasjonen for hardighetsutvikling og nattlengdereaksjon (Dæhlen & al. 1995, Kohmann 1996).

Høyde i relasjon til vekststart og kritisk nattlengde

I forsøket i Akershus (Hoxmark i Ås) er det etter at etableringsfasen er over, funnet en god sammenheng mellom total høydevekst og kritisk nattlengde, dvs. at de som vokser lengst utover sommeren stort sett blir de lengste. Dette er et vanlig resultat så sant ikke de lengst voksende blir skadet av tidligfrost. Dette kan skje om proveniensene blir flyttet for langt nordover eller oppover i høyden. For feltet i Oppland på 450 m o.h. er det samme utvikling som på Hoxmark; Plantasjematerialet fra Nyland, Opsahl og Dale vokser best, mens proveniensene fra Trøndelag og Nordland har svakest vekst. Som på Hoxmark har Epledal-frøpartiene bare noe bedre vekst enn de svakest voksende. I det mer utsatte klimaet i Oppland på 700 m o.h. rangerer proveniensene annerledes. Dette feltet, som er relativt flatt, ligger eksponert for både senfrost og tidligfrost. Resultatene kan tyde på at det både er senfrost, sommerfrost og tidligfrost som har redusert veksten for frøplantasjematerialet. Nyl89 skiller seg imidlertid ut med best vekst, den har sen vekst-avslutning, men også sen skuddskyting. Dette kan tyde på at det særlig er senfrosten som har influert høydeutviklingen. I samme retning trekker det at den mer lokale proveniensen Bv6 med tidlig skuddskyting har svakest høydevekst. P1-proveniensen, som har tidligst vekst-avslutning, er senere om våren enn Bv6 og har da også hatt noe bedre høydevekst. På den annen side har proveniensen Kau89 seneste vekst-avslutning av alle, om våren er den blant de senere, men har ikke nådd opp i høydevekst. Det ligger nær å tro at dårlig høydevekst kan skyldes frostskaader på grunn av for sen vekst-avslutning.

I Nord-Trøndelag vokser plantasjematerialet Dal89, Kau89, Ops89 og Nyl87 best, mens Epl89 rangerer sist; den er senest i gang med veksten om våren og har en vekst-avslutning som ikke skiller seg særlig fra Dal89, Kau89 og Ops89. Årsaken til den dårlige veksten for Epl89 synes således å være at den med sin sene vekststart også får en kort vekstperiode.

Avgang i relasjon til vekststart og kritisk nattlengde

Til tross for stor forflytning av provenienser lavere og sydover til Akershus har dette ikke medført hverken stor eller forskjellig avgang mellom frøpartiene. Danusevicius & Persson (1998) fant en sterk sammenheng mellom vårfrostskaade og tidlighet, og også at både knoppbryting og knoppdannelse startet tidligere med økende breddegrad. I det norske materialet er det ingen slik sammenheng mellom tidlighet og breddegrad. Provenienser fra Trøndelag og Nord-Norge bryter for eksempel ikke tidligere enn høydelagsproveniensene på Østlandet. I vårt materiale er det da heller ingen sammenheng mellom vekstavslutning og tidlighet.

For de tidligst skytende proveniensene Bv6, Bv4, Aø4 og Aø6 kunne man forventet skader på knopper eller nye skudd om våren som hadde resultert i gankvist/dobbeltopp. Dette har ikke funnet sted. I Akershus har Aø4 riktignok flest trær med dobbeltopp, mens Bv6, som den tidligst skytende proveniensen, og Epl89 som den senest skytende, har færrest slike trær. Epl89 har helt motsatte egenskaper av Bv6, både med hensyn på tidlighet om våren og vekstavslutning om høsten. I Nord-Trøndelag har Bv6 også færrest trær med gankvist/dobbeltopp, men Epl89 har flest. På disse breddegrader kan Epl89s sene vekstavslutning være årsaken på grunn av høstfrost.

Bildet blir enda mer nyansert når vi analyserer feltene i Oppland, der det riktignok ikke er signifikante forskjeller med hensyn på de ulike skader, men der frøpartiene som har lengst nattlengde, Dal89, Ops89 og Epl89 har signifikant minst avgang. Årsaken må ligge i at det her er vårfrosten som har vært kritisk for overlevelsen, og disse frøpartiene med minst avgang er av de med senest vekststart om våren.

Dersom dobbeltoppfrekvensen hadde sin årsak i at knoppmeristemet var skadet under innvintringen, kunne man forventet at de med tidligst knoppsetting kunne få frostskaader senere på høsten etter at knoppene var avherdet, slik som frysetesten kan tyde på. Men det betinger antakeligvis også lavere temperaturer enn $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Likeledes kunne man forutse skader på knoppene på de som avslutter veksten senest. Ingen av disse hypoteser kan imidlertid bekreftes av dette materialet. Mye kan derfor tyde på at det også er andre genetiske forskjeller i tillegg til tilpasningen til vekstrytme som bestemmer frekvensen av dobbeltopp.

Heller ikke for karakteren høstskudd er det mulig å se logiske sammenhenger med parametre for vekstrytme. Proveniensen Bv4 har flest høstskudd på Hoxmark. Den skyter tidlig og avslutter sent. Det kan tenkes at de som går svært tidlig i knopp, ikke skyter igjen fordi de snart etter får raskt økende nattlengde som sikrer at knoppen ikke bryter igjen. På samme måte vil de svært sent avsluttende proveniensene ha en utholdende vekst slik at de sent på høsten, etter at knoppen er dannet, ikke vil ha klimatiske forhold som kan indusere ny knoppbryting.

Overlevelsen ble satt på prøve i Oppland, i Nord-Trøndelag og i Nordland. Som regel var ikke de stedegne proveniensene best. Det var stort sett plantematerialet fra mer sydlig opprinnelse og plantasjematerialet - med senere skuddskyting om våren, som var best.

Flere av frøpartiene fra frøplantasjene viste til dels overlegent bedre vekst enn stedegent materiale. Plantasjematerialet fra Oppland (Opsahl frøplantasje) er blant de best voksende både på Østlandet og i Nord-Trøndelag. Frøpartiene fra Lyngdal frøplantasje kan med fordel også brukes i midlere høydelag på Østlandet, men

frøparti Epl89, som brukes mye på Helgeland, har vist seg å være ekstremt sentskytende om våren, har sen vekst avslutning og vokser dårlig.

Summary

In a previous work (Kohmann 1996) we found that ortets from the north of Norway (63°N-64°N) moved to seed orchards in the south of Norway (58°N – 61°N), gave progenies with the same night length reaction for bud setting as provenances from high altitudes in South Norway. This relationship was more pronounced for seeds from the year 1989 than the year 1987 (Kohmann & Johnsen 1994). To advice for use of these seed lots in South Norway merely on the basis of measurements of the night length reaction seemed, however, to be far too hazardous. The time for bud burst and shooting in the spring is also an important character with respect to growth rhythm and adaptation (Dietrichson 1967; Skrøppa 1982). Field trials is therefore the only justifiable way to study seed lots with considerable 'after-effects', which means that the properties of the progenies differ from the original population.

The trials were set up in North-, Mid- and Central Norway and in the south part of Central Norway (Table 1) in 1994 and were recorded till 2001. Table 2 show the origin of the plant material and the critical night lengths for the seed lots. In three of the trials the level of early shooting was recorded, and in one trial we performed a freeze test in late September.

We did not find any correlation between bud burst/early growth and the night length reaction. Usually seed orchard material had a later bud burst than seed lots from natural stands with the same night length reaction. This reduces the risk of damage from late frost. In this Norwegian material there is no connection between bud burst and latitude as Danusevicius & Persson (1998) found; provenances from Mid- and North-Norway have a later bud burst than the more southern from Central Norway at higher altitudes.

A poor climatically adaptation with respect to earliness and bud set will result in increased mortality and eventually poor growth. The mortality may also, however, be influenced by the fact that large seedlings will have a better chance for survival than smaller seedlings (Kohmann 1995, 1999), and in a sheltered production seedlings with high critical night length usually will be taller than seedlings with lower critical night length. In addition we will expect up to 10 % larger growth for the selected material from a first generation seed orchard (Rosvall & al. 2001).

The correlation between the night length reaction and the shoot growth in percentage of the total growth around the 10th of July varied from $r=0.50$ to $r=0.65$. At this date the shoot had grown 70 – 80 percent of its total growth for the year.

Freeze testing showed a high correlation ($r=0.93$) between foliar damage and critical night length, and between cambial damage and critical night length ($r=0.87$). The shorter the critical night length, the less the damage. No relationship between bud damage and critical night length was found ($r=0.2$, $p=0.47$), and the two northernmost provenances (O1 and P1) had the highest frequency of damaged buds. We suggest that during a long and warm autumn for these provenances the buds have been dehardened.

We found a high correlation between height growth and critical night length at the two southernmost trials, meaning that trees growing until late autumn will be the

highest ones. The experiment at 700 m asl. range the provenances and seed lots differently. The provenance with the best growth has a late bud set and high critical night length, but has a marked late flushing. The more local provenance, Bv6, with the earliest flushing has the weakest height growth. This may suggest that late frost is the main problem at this location.

The transfer of provenances from northern and higher locations has at the southernmost trial at Hoxmark not lead to neither large nor large differences in mortality between the provenances.

Litteratur

- Dæhlen, A. G., Johnsen, Ø. og Kohmann, K. 1995. Høstfrosterdighet hos unge granplanter fra norske provenienser og frøplantasjer. (English summary: Autumn frost hardiness in young seedlings of Norway spruce from Norwegian provenances and seed orchards). Rapp. Skogforsk (1): 24 pp.
- Danusevicius, D. & Persson, B. 1998. Phenology of natural populations of *Picea abies* as compared with introduced seed sources. Forest genetics 5(4): 221-231.
- Dietrichson, J. 1967. Broad sense heritability estimates of growth rhythm and height growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings of southern Norwegian origin. Meddr norske SkogforsVes 23(85): 205-221.
- Dormling, I., Gustavsson, Å. and von Wettstein, D. 1968. The Experimental Control of Life Cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I: Some basic experiments on the vegetative cycle. Silva Genetica:(17): 44-64
- Ericsson, T. 1994. Lodgepole Pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) breeding in Sweden - results and prospects based on early evaluation. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest genetics and Plant Physiology, Umeå. 33 s.
- Fløistad, I. S. & Kohmann, K. 2001. Effects of thawing procedure on frost hardiness, carbohydrate content and timing of bud break in *Picea abies*. Scand. J. For. Res. 16: 30-36.
- ITF 2001. Meteorologiske data for Ås. Institutt for tekniske fag. Norges Landbrukshøgskole. ISBN 82-763-013-0.
- Johnsen, Ø. 1989. Freeze-testing Young *Picea abies* Plants. Scand. J. For. Res. 4(3): 351-367.
- Kohmann, K. 1995. Høydeutvikling og overlevelse hos ulike plantetyper av gran.(English summary: Height growth and survival for different spruce seedling types). Rapp. Skogforsk(6): 14 pp.
- Kohmann, K. 1996. Nattlengdereaksjonen til granplanter fra ulike provenienser og frøplantasjer. (English summary: Night length reactions of Norway spruce plants of different provenances and seed orchards). Rapp. Skogforsk (15): 20 pp.
- Kohmann, K. & Johnsen, Ø. 1994. The timing of bud set in seedlings of *Picea abies* from seed crops of a cool versus a warm spring and summer. Silvae Genetica 43(5/6): 329-333.
- Kohmann, K. 1999. Overlevelse og utvikling av ulike plantetyper av gran under ulike forhold i Oppland, Hedmark, Sør-og Nord-Trøndelag. (English summary: Survival and growth of different spruce seedling types under different conditions in the counties of Oppland, Hedmark, Sør- og Nord-Trøndelag) Rapp. Skogforsk(10/99): 1-27.

- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sunesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. (Eng.: Genetic gain from present and future seed orchards and clone mixes.). Skogforsk Redogörelse.(1): 1-41.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT Users guide, version 6, fourth edition, Vol2, Cary NC: SAS Inst. Inc. 846 s.
- Skrøppa, T. 1982. Genetic variation in growth rhythm characteristics within and between natural populations of Norway spruce. A preliminary report. *Silva Fennica* 16(:): 160-167.
- Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. 1972. *Statistical Methods*. 6 ed. The Iowa State University press, Ames Iowa U.S.A. s. 327.
- Wilhelmsson, L., von Arnold, S., Eriksson, U. & Mo, H. 1992. "Förökningsteknik för bra genetik." *Skog & Forskning*:(1): 14-26.