



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med gran; variasjon og sammenhenger med vekst og vekstrytme

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 23 | 2017



Tore Skrøppa og Arne Steffenrem

Divisjon for skog og utmark/Avdeling for skoggenetikk og biomangfold

TITTEL/TITLE

Høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med gran; variasjon og sammenhenger med vekst og vekstrytme

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Tore Skrøppa og Arne Steffenrem

| | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| DATO/DATE: | RAPPORT NR./ REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: | PROSJEKTNR./PROJECT NO.: | SAKSNR./ARCHIVE NO.: |
| 09.03.2017 | 3/23/2017 | Åpen | 356015 | 17/00431 |
| ISBN: | | ISSN: | ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: |
| 978-82-17-01799-8 | | 2464-1162 | 31 | |

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Utviklingsfondet for skogbruket
Skogtiltaksfondet
Skogbrukets verdiskapingsfond

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Jørn Lilleng
Thomas Husum
Øivind Østby-Berntsen

STIKKORD/KEYWORDS:

Gran, genetisk variasjon, høstskudd, toppskader, planteforedling

Norway spruce, genetic variation, lammas shoots, top damage, forest tree breeding

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Genetikk og planteforedling

Genetics and forest tree breeding

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Grantrærne danner høstskudd dersom knoppene som dannes etter vekstavslutning, bryter på nytt samme sommer. Dette kan føre til skader og feil på stammen i form av gankvist og krok som gir redusert virkeskvalitet. Denne rapporten presenterer resultater fra registreringer av høstskudd og toppskader i genetiske forsøk med provenienser, familier og kloner av gran. Den viser at det er stor genetisk variasjon i forekomst av høstskudd på alle tre nivåer, og at det kan være klare sammenhenger mellom frekvens av høstskudd og skader, og mellom høstskudd og tidspunkt for vekststart og vekstavslutning. Samtidig er det store forskjeller mellom år og mellom forsøkslokaliteter - noe som sannsynligvis skyldes variasjon i klima og vekstforhold (bonitet). Det vil være store muligheter for å produsere plantematerialer som gir redusert andel trær med toppskader forårsaket av høstskudd ved å gjøre utvalg enten direkte (mot høstskudd og toppskader), eller indirekte gjennom utvalg for senere vekststart om våren.

Lammas shoots occur on Norway spruce trees when the buds that develop after growth cessation flush late in summer. Such occurrence may contribute negatively to stem form due to forking defects. This report presents results from assessments of lammas shoots and stem defects in genetic trials with provenances, families and clones within Norway spruce. It demonstrates large genetic variation




NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

in the occurrence of lammas shoots at all three levels, and also shows the presence of strong associations between frequencies of lammas shoots and stem defects, and also between these observations and onset and cessation of the annual shoot growth period. There are also large variations in lammas shoot formation between trial sites, most likely due to site index differences, and among years. The assessments of bud flush and lammas growth in progeny tests can be used in tree breeding to produce materials with a lower frequency of trees with lammas shoots and stem defects.

LAND/COUNTRY: Norge

GODKJENT /APPROVED



TOR MYKING

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



GUNNHILD SØGAARD

Forord

Prosjektet «Toppskader og stammekvalitet i unge granbestand: utbredelse, genetikk og skogskjøtsel» ble gjennomført ved Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), tidligere Norsk institutt for skog og landskap, i perioden 1.1.2014 – 31.12.2016 med finansiering fra Utviklingsfondet for skogbruket og fra Skogtiltaksfondet v/Norges Skogeierforbund. Glommen Skog SA, med prosjektmidler fra Skogbrukets verdiskapingsfond, og Det norske Skogfrøverk var partnere i prosjektet sammen med NIBIO.

Karakterisering av variasjon i forekomst av høstskudd i genetiske forsøk, analyser av sammenhenger mellom høstskudd, skader og feil og utnytting av denne informasjonen i planteforedlingen av gran var en viktig del av prosjektet. Dette arbeidet ble basert på data fra målinger i et stort antall forsøk anlagt av Norsk institutt for bioøkonomi og Det norske Skogfrøverk. Mange medarbeidere ved disse institusjonene har gjennom de siste 50 år bidratt til at denne informasjonen er tilgjengelig.

Vi vil takke alle de som har bidratt i dette arbeidet, og de som har finansiert prosjektet.

Tore Skrøppa og Arne Steffenrem har samlet og analysert data, skrevet tekst, laget tabeller og redigert rapporten.

Tor Myking og Gunnhild Søgaard har kommet med innspill i kvalitetssikring av rapporten.

Ås, 01.02.2017

Gunnhild Søgaard

Prosjektleder

Innhold

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Innledning..... | 6 |
| 2 Metoder..... | 7 |
| 3 Forsøk og resultater..... | 9 |
| 3.1 Proveniensforsøk..... | 9 |
| 3.1.1 IUFRO 1964/68 forsøkene plantet 1968 på Overud og Bjerkøy..... | 9 |
| 3.1.2 Proveniensforsøk med rumenske provenienser | 10 |
| 3.1.3 Proveniens-/avkomforsøk plantet 1966 på Hoxmark, Ås | 11 |
| 3.1.4 Proveniensforsøk plantet 1976 på Hoxmark, Ås..... | 12 |
| 3.1.5 Forsøk i Sør- og Nord-Trøndelag med bestandspartier og familier | 12 |
| 3.2 Full-søsken familier fra tre diallele krysningsserier | 13 |
| 3.3 Fullsøskenfamilier og kloner fra en faktoriell krysningsserie | 16 |
| 3.4 Avkomforsøk i foredlingen | 21 |
| 4 Diskusjon og konklusjoner..... | 26 |
| LITTERATURREFERANSER | 29 |

1 Innledning

Grana avslutter normalt strekningsveksten midtsommers og begynner forberedelsene til høst og vinter. Av og til vil knoppene som dannes etter at skuddstrekningen er ferdig, bryte på nytt igjen samme sommer og treet utvikler høstskudd. I en kartlegging av høstskudd i fylkene rundt indre del av Oslofjorden i 2010 ble det funnet at 25,9 % av trærne i ung produksjonsskog dannet høstskudd minst ett av tre år i perioden 2007 – 2009 (kun skog under 200 m o.h.) En tilsvarende undersøkelse fra Eidskog i sør til Stor-Elvdal i nord i Østerdalen viste at 20,8 % av trærne dannet høstskudd minst ett av tre år i perioden 2012 – 2014 (alle høydeler) (Granhus mfl., under forberedelse). Bonitet var en signifikant forklaring til variasjon i forekomst i begge datasettene, med økende forekomst med økende bonitet (Granhus mfl., under forberedelse).

En forsinket vekstavslutning og innvintring vil kunne øke risikoen for frostskafer ved tidlige frostepisoder om høsten. Endeknoppen som dannes seinere enn normalt under lavere temperatur, vil være spesielt utsatt, både gjennom høsten og ved brytingen neste vår (Adams & Bastien 1994, Anekonda mfl. 1998). Dersom den ikke utvikler seg normalt og toppskuddet eventuelt dør, vil sideknopper og sidegreiner ta opp konkurransen. Dette vil kunne føre til forekomster av gankvister og to eller flere topper, noe som gir alvorlige virkesfeil. I undersøkelsen i 2010 ble det vist at mens under 10 % av trærne som ikke hadde høstskudd foregående år hadde to eller flere topper, var andelen med dobbeltopp over 40 % blant trærne som hadde høstskudd (Søgaard mfl. 2010). En annen mulig negativ effekt av høstskudd er at to greinkranser dannes nær hverandre slik at greinkransene framstår som «doble». Dette gir mange greiner, og økt mulighet for nedklassing av virket.

I genetiske forsøk med provenienser, familier og kloner gjøres det registreringer av høstskudd, kvistsetting, skader og feil, i tillegg til målinger av høyde og vekstrytme. I denne rapporten gis det en oppsummering av resultater fra slike forsøk og om sammenhenger mellom de ulike egenskapene. Denne informasjonen er spesielt viktig for den praktiske planteforedlingen med gran som produserer frømaterialer for framtidsskogen.

2 Metoder

I denne rapporten vil det bli presentert resultater etter målinger og registreringer i tre typer av forsøk: proveniens-, avkom- og klonforsøk. Proveniensforsøkene er etablert med plantematerialer etter frø sanket i ett eller flere bestand fra et definert geografisk område (proveniens). I noen tilfeller vil bestandsprøver være sammensatt av adskilte frøpartier fra flere mortrær (familier) etter fri bestøvning i bestandet slik at forsøket blir et kombinert proveniens og avkomforsøk. Avkomforsøkene vil i noen tilfeller være etter kontrollerte krysninger etter en definert krysningsplan med kjent mor og far. I foredlingen vil avkomforsøkene enten være med familier etter kontrollerte krysninger eller etter fri bestøvning. Disse forsøkene inneholder også kontrollmaterialer fra provenienser og frøplantasjer. Klonforsøkene som presenteres her, er plantet med stiklingkloner fra familier etter kontrollerte krysninger. De ulike genetiske enhetene vil i noen tilfeller bli gitt betegnelsen sort.

Alle forsøk ble plantet etter en definert forsøksplan med gjentak. Forsøkene presentert her er enten plantet med ett tre av hver sort (en-tre ruter) i mange (30-40) gjentak, eller med fire trær i hver rute i færre (6-12) gjentak.

Trehøyder er målt ved forskjellige aldre i alle forsøk, i cm i helt unge forsøk, seinere i dm eller til nærmeste 0,5 m. I noen forsøk er vekstrytmen karakterisert ved klassifisering av skuddskyting (tidlighet), eller ved måling av skuddstrekningen ukentlig gjennom vekstperioden slik at dag for vekststart og avslutning kan estimeres. Registreringer er gjort av skader og feil, spesielt om treet har kvister eller greiner i spiss vinkel mot stammen (gankvist) eller har to eller flere topper eller dobbelstammer. Disse feilene betegnes som toppskader og kan føre til redusert virkeskvalitet. Forekomst av høstskudd er bedømt i to klasser; 1) der knoppene har svullet og så vidt brutt eller 2) der høstskuddet har strukket seg mer enn 2 cm. Figur 1 viser tre tilfeller; normal skudd uten høstskudd, knoppene sveller og bryter og høstskudd som strekker seg.

Andel trær som har høstskudd eller har toppskader er beregnet for hver sort og middel er beregnet for aktuelle grupperinger. Pearson korrelasjonskoeffisienter er beregnet mellom disse prosenttallene og middel for høyde eller tidspunkter for vekststart og vekstavslutning. For statistiske analyser er prosenttallene transformert med vinkeltransformasjon, og beregninger er gjort både på opprinnelige prosenter og transformerte verdier. I de aller fleste tilfeller har begge metoder gitt samme konklusjoner. Kvantitative genetiske analyser er ikke vist her, men blir i noen tilfeller referert til, med presentasjon av verdier av genetiske korrelasjoner og arvbarhet. Den siste parameteren karakteriserer størrelsen på den genetiske variasjonen ved brøken mellom additiv genetisk variasjon og den totale fenotypiske variasjonen.

For hver forsøksserie er det gitt en nærmere beskrivelse av materialer og metoder benyttet i de enkelte forsøk.



A.



B.



C.

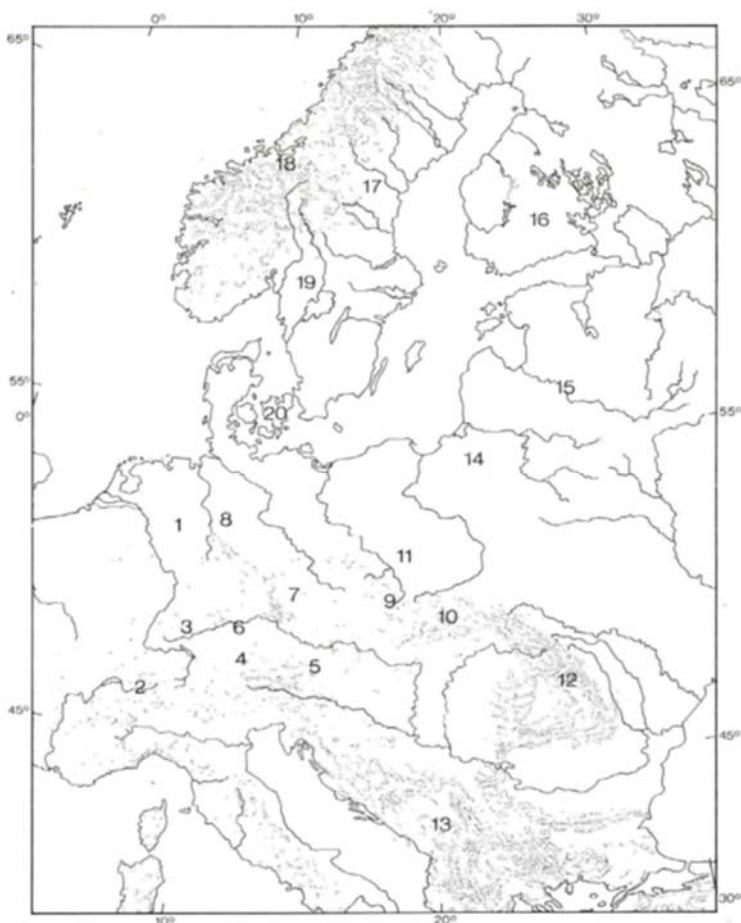
Figur 1. A. Normalt skudd med vanlige knopper. B. Ende- og sideknopper har svellet etter vekstavslutning, men ikke begynt å strekke seg. C. Ende- og sideknopper har begynt å strekke seg samme sommer. Foto: Gunnhild Søgaard.

3 Forsøk og resultater

3.1 Proveniensforsøk

3.1.1 IUFRO 1964/68 forsøkene plantet 1968 på Overud og Bjerkøy

Dette store internasjonale forsøket inneholder 1100 provenienser fra hele granas utbredelsesområde og ble plantet i 11 blokker som hver inneholder 25 trær fra 100 provenienser (Fottland & Skrøppa 1989). Registreringer av høstskudd ble gjort i fire blokker på Overud nær Kongsvinger høsten 1969, to år etter planting, da middelhøyden på trærne var 46 cm. Andelen av trær med høstskudd i de fire blokkene var 23, 26, 28 og 29 % med en variasjon mellom proveniensene fra 0 til 64 %. Når proveniensene ble gruppert i 20 soner (Figur 2), varierte prosent trær med høstskudd for sonene fra 5 % (Trøndelag) til 38 % (vestlige deler av Tyskland). Registreringer av høstskudd ble også gjort i fire blokker på Bjerkøy, nær Tønsberg. Her var frekvensen av høstskudd i blokkene veldig lav (mellom 5 og 10 %) og ingen videre analyser ble utført.



Figur 2. Kart over provenienssoner (Fottland & Skrøppa 1989).

Gjennomsnittlig andel trær med høstskudd i hver sone i forsøket på Overud er vist i Tabell 1. Sonene 1-10 fra Mellom-Europa, både fra lavere og midlere høydelag, hadde høyest andel trær med høstskudd. Sone 20 (Danmark og Skåne) hadde tilsvarende høy andel. Sonene i Øst-Europa hadde lavere andel høstskudd, og sonene 16 (Finland) og 17 (Mellom- og Nord-Sverige) hadde lavest. I sone 19 hadde de norske proveniensene 7 % lavere andel trær med høstskudd enn de svenske proveniensene (Skåne unntatt).

Tabell 1. Middeltall for provenienssoner (Figur 2) på Overud for andel trær med høstskudd 1969, middelhøyde 1969 og 1980 og antall greiner i greinkransen 1980.

| Sone | Antall Proveniensener | Andel høstskudd 1969 % | Høyde 1969 cm | Høyde 1980 dm | Antall greiner 1980 |
|------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1 | 22 | 34,6 | 49,0 | 58,1 | 7,4 |
| 2 | 13 | 23,6 | 41,1 | 50,4 | 7,1 |
| 3 | 33 | 28,5 | 45,4 | 53,2 | 7,3 |
| 4 | 32 | 28,1 | 43,4 | 54,6 | 7,4 |
| 5 | 45 | 28,2 | 45,2 | 55,9 | 7,2 |
| 6 | 32 | 29,7 | 48,8 | 55,9 | 7,4 |
| 7 | 63 | 27,5 | 47,5 | 57,6 | 7,5 |
| 8 | 6 | 27,0 | 48,7 | 58,4 | 7,8 |
| 9 | 34 | 30,2 | 47,2 | 62,0 | 7,5 |
| 10 | 23 | 21,6 | 43,4 | 62,4 | 7,3 |
| 11 | 3 | 20,9 | 54,7 | 61,5 | 8,0 |
| 12 | 16 | 24,1 | 47,5 | 65,2 | 7,4 |
| 13 | 8 | 24,6 | 39,8 | 49,4 | 7,4 |
| 14 | 9 | 18,6 | 48,0 | 64,7 | 7,4 |
| 15 | 12 | 19,8 | 42,9 | 62,6 | 7,1 |
| 16 | 4 | 17,7 | 37,0 | 57,6 | 6,4 |
| 17 | 9 | 4,6 | 30,4 | 46,7 | 6,1 |
| 19 | 20 | 24,5 | 37,6 | 58,7 | 6,7 |
| 20 | 5 | 34,8 | 46,4 | 59,7 | 7,7 |

Det var en svak sammenheng ($r=0,18$) mellom andel av trær med høstskudd og antall greiner i kransen ved alder 13 år etter planting, men ikke for høyde. Trærne som hadde høstskudd, var i 1969 16 % høyere enn de uten høstskudd. I 1980 var denne forskjellen redusert til 6 %. Denne sammenhengen kan påvirkes av at de nordiske proveniensene både har svakest høydevekst og samtidig minst andel høstskudd. En ny beregning, basert på sonene 1-9, viste imidlertid de samme forskjellene for gruppene med og uten høstskudd.

3.1.2 Proveniensforsøk med rumenske proveniensener

Frøpartier fra 12 utvalgte bestand i Romania ble sådd i to norske planteskoler (Reiersøl og Stiklestad) i 1965, og planter ble satt ut på flere forsøkslokaliteter i 1969 (Dietrichson 1973). Blant forsøkslokalitetene var Hoxmark i Ås kommune, Akershus. Registreringer ble gjort av høstskudd ved alder seks og åtte år i fire korttidsforsøk plantet på tidligere dyrka mark på Hoxmark. Disse forsøkene omfattet både bestandsprøver og et antall familier fra noen av bestandene. Det var signifikante forskjeller i andel høstskudd både mellom bestand og mellom familier fra samme bestand. Ett forsøk omfattet 25 familier etter fri bestøvning fra samme bestand (Cosna), og variasjonsbredden for andel trær med

høstskudd varierte fra 38 til 92 % mellom familier. Samtidig var det store forskjeller, fra 40 til 86 %, mellom blokkene (gjentakene), som hver omfattet 400 trær. Dette skyldtes sannsynligvis betydelige forskjeller i jordbunnsforhold.

3.1.3 Proveniens-/avkomforsøk plantet 1966 på Hoxmark, Ås

Dette forsøket, plantet på tidligere dyrka mark, omfattet et norsk materiale med 45 familier fra 11 norske bestand og 14 provenienser fra Finland, Polen og Danmark (Dietrichson 1969; Skrøppa mfl. 1999). De danske proveniensene hadde mest sannsynlig opprinnelse fra Tyskland. Høstskudd ble registrert etter vekstsesong sju. Samme år ble det gjort registreringer av skuddskyting og målt høyder. Det var variasjon i andel høstskudd fra 0 til 89 % mellom proveniensene og fra 3 til 92 % mellom familiene. Tabell 2 viser middeltall for andel høstskudd for de finske, polske og danske proveniensene og for familiene fra norske bestand. De finske proveniensene hadde klart lavest andel trær med høstskudd og med laveste prosenttall for de som kom fra breddegrad 63 °N. Familiene fra norske bestand hadde lavere andel trær med høstskudd enn de fra Polen og Danmark, med gjennomsnittlig laveste verdier for de fra høydelag 400 m.

For proveniensene var det klare sammenhenger mellom andel trær med høstskudd og høyde og tidspunkt for vekststart med korrelasjonskoeffisienter $r=0,95$ og $r=-0,62$, hhv.; provenienser med mye høstskudd hadde best høydevekst og var blant de seineste til å skyte. For norske bestand var det ikke noen sammenheng mellom andel høstskudd og tidspunkt for skuddskyting. Derimot var det også for denne gruppen positiv sammenheng mellom høyde og prosent trær med høstskudd.

Tabell 2. Middeltall for prosent høstskudd for provenienser og be stand.

| Proveniens/bestand | Andel trær med høstskudd % |
|--------------------|----------------------------|
| Finland | 18,1 |
| Polen | 82,0 |
| Bråstad 100 m | 43,4 |
| Seljord 100 m | 46,5 |
| Onsøy 100 m | 71,1 |
| Sandar 100 m | 50,0 |
| Aremark 100 m | 73,4 |
| Bogstad 200 m | 59,4 |
| Senum 400 m | 47,3 |
| Kviteseid 400 m | 38,8 |
| Eina 400 m | 28,5 |
| Trysil 400 m | 21,1 |
| Voss 400 m | 18,8 |

3.1.4 Proveniensenforsøk plantet 1976 på Hoxmark, Ås

Et korttidsforsøk med 36 provenienser ble plantet på dyrka mark på Hoxmark, Ås, i 1976. Registreringer av høstskudd ble gjort på alle trær i forsøket tre, fire og fem år etter planting. Den største del av proveniensene var fra land i Mellom- og Øst-Europa, mens tre var fra de nordiske land. I Tabell 3 vises middeltall for andel høstskudd fra seks regioner: de nordiske land, Latvia, nord-østlige Polen, to høydesoner i det sørlige Polen og Slovenia.

Provenienser fra midlere høydelag i det sørlige Polen og Slovakia hadde signifikant høyest andel trær med høstskudd alle tre år. Laveste andel høstskudd alle tre år var i en proveniens fra høydelag 1420 m i det sørlige Polen, og høyeste andel, med middel 60 % over tre år, forekom i proveniensen Bayerische Wald, Tyskland (ikke inkludert i de seks regionene). Det var klare sammenhenger mellom andel høstskudd for provenienser de tre årene registreringene pågikk med korrelasjonskoeffisienter på 0,70, 0,80 og 0,84. Svakere sammenhenger ble funnet med vekstrytmeegenskaper: dag for vekststart og vekstavslutning, og med høyde.

Tabell 3. Gjennomsnittlig andel trær med høstskudd i seks proveniensregioner etter registreringer ved alder fem, seks og sju år.

| Proveniensregion | Antall provenienser | Andel trær i % med høstskudd ved alder | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------------------------|------|------|
| | | 5 år | 6 år | 7 år |
| Nordiske land | | | | |
| 15 - 250 m | 3 | 18,2 | 22,0 | 13,1 |
| Latvia | | | | |
| 45 – 210 m | 8 | 27,9 | 12,9 | 10,5 |
| Nord-øst Polen | | | | |
| 160 – 180 m | 6 | 40,6 | 17,3 | 12,1 |
| Sør-Polen | | | | |
| 580 – 820 m | 7 | 48,4 | 31,8 | 26,8 |
| Sør-Polen | | | | |
| 950 – 1420 m | 3 | 23,1 | 12,6 | 14,2 |
| Slovakia | | | | |
| 700 – 800 m | 3 | 46,9 | 29,7 | 21,6 |

3.1.5 Forsøk i Sør- og Nord-Trøndelag med bestandspartier og familier

Planter fra tre bestand i hver av 21 kommuner fra breddegrad 63° til 66°N og høydelag fra 25 til 500 m ble dyrket i Stiklestad planteskole, Nord-Trøndelag, sammen med planter fra tre bestand fra 60°N (Hurum) (Skrøppa & Steffenrem 2017). Registreringer av høstskudd på plantene i prikleseng ved alder fire år viste en variasjon i andel høstskudd fra 10 til 55 % i de nordlige kommunene og med 82 % trær med høstskudd i den fra 60°N. Minst høstskudd var det på trærne fra lengst nord og nærmest skoggrensa. I en regresjonsanalyse kunne breddegrad og høydelag forklare så mye som 94 % av variasjonen mellom de 21 nordlige kommunene.

I et forsøk plantet 1997 i Selbu med partier fra fire bestand fra Sør-Trøndelag i høydelag 300-640 m var det bare en liten andel trær med høstskudd, og resultatene blir ikke presentert her.

To forsøk med 82 familier etter fri bestøvning i sju bestand i Nord-Trøndelag ble plantet på dyrka mark i planteskolene Kvatningen og Stiklestad i 1997. I disse forsøkene ble det gjort registreringer av høstskudd to eller tre år, målt høyder og gjort registreringer av tidspunkter for vekststart og vekstavslutning. Vekstsesongen ved seks års alder fra frø dannet 6 % av trærne på Stiklestad

høstskudd, og 18 og 27 % to og tre år senere. På Kvatningen utviklet 25 % og 6 % av trærne høstskudd ved aldrene seks og ni år.

Det var på Stiklestad betydelig variasjon for andel trær med høstskudd, som vist i Tabell 4. Det var minst andel høstskudd på trær fra bestand i høyereliggende skog. Variasjonen mellom familier var også stor på begge felt, også innen bestand nær skoggrensa.

På bestandsnivå var det klare sammenhenger mellom andel trær med høstskudd og tidlighet, vekstavslutning og høydevekst. Trær fra bestand som hadde tidlig vekststart og vekstavslutning, hadde færrest høstskudd, og de med mest høstskudd var høyest. For familier innen bestand var sammenhengen mellom tidlighet og andel trær med høstskudd motsatt; de med tidlig vekststart hadde generelt mer høstskudd, vist ved en genetisk korrelasjon på 0,45 (Skrøppa & Steffenrem 2017).

Tabell 4. Prosent trær som dannet høstskudd ved alder ni år i familier fra forskjellige bestand i Nord-Trøndelag og variasjon mellom familiene innen bestand.

| Høydelag m | Høstskudd % Stiklestad | | Høstskudd % Kvatningen | |
|---------------|------------------------|-------------|------------------------|------------|
| | Middel | Variasjon | Middel | Variasjon |
| 20 | 29,6 | 10,7 – 64,0 | 4,9 | 0,0 – 16,7 |
| 50 | 34,2 | 11,1 – 52,4 | 8,2 | 0,0 – 13,8 |
| 100 | 22,4 | 10,5 – 33,3 | 6,0 | 0,0 – 16,7 |
| 200 | 17,4 | 0,0 – 28,6 | 4,4 | 0,0 – 16,7 |
| 320 | 18,0 | 0,0 – 54,5 | 4,8 | 0,0 – 6,7 |
| 400 | 18,7 | 5,0 – 39,1 | 6,1 | 0,0 – 24,1 |
| 500 | 10,6 | 0,0 – 29,2 | 4,5 | 0,0 – 29,2 |

3.2 Full-søsken familier fra tre diallele krysningsserier

En fullstendig diallel krysningsserie, der hvert foreldretre ble brukt både som far og mor, ble utført innen tre naturlige granbestand i 1973 (Skrøppa & Tho 1990, Skrøppa 1996). Planter fra alle familier med tilstrekkelige mengder med frø fra to 10 x 10 og en 9 x 9 diallel ble plantet i kortidsforsøk på dyrka mark på Hoxmark, Ås, i 1976. Hver diallel ble plantet i 12 gjentak ved siden av hverandre med trær i fire-tre ruter med avstand 0,6 m. Hver halv-diallel ble samme år plantet i ett langtidsforsøk på skogsmark i Gjøvik (diallel 2) og i Løten (diallel 3).

Et stort antall målinger er blitt utført i disse forsøkene, med mellom annet høyde på trærne og bedømmelse av høstskudd etter sjette (1979) og sjuende (1980) vekstsesong. En skala med fem klasser ble brukt i bedømmelse. Noen av klassene ble senere slått sammen. Høstskudd er her definert ved at det høstskuddet hadde strukket seg minst 2 cm, og analyser er utført basert på frekvensen av trær i hver fire-tre rute med slike høstskudd. Ukentlige skuddstrekningmålinger ble gjort i seks gjentak av hver diallel i sjette og sjuende vekstsesong, og dag for start og avslutning av skuddstrekning ble estimert. Strekning på høstskudd ble ikke tatt med i disse målingene. I feltforsøkene er det blitt gjort målinger av høyde og diameter og bedømmelse av skader og feil, spesielt gankvist og dobbel topp. I disse forsøkene på skogsmark er det bare en liten andel av trærne som har hatt høstskudd.

Diallel 1 fra 10 foreldretrær fra Veldre, høydelaag 500 m

En liten andel av trærne fra dette bestandet hadde høstskudd i 1979 og 1980, med en prosent på 3,3 i 1979. Ingen videre analyser er derfor gjort.

Diallel 2 fra 10 foreldretrær fra Gjøvik, høydelaag 270 m

Totalt var det 10,2 % av trærne som dannet høstskudd i 1979 og 8,3 % i 1980. Det var sterkt samsvar mellom familiene i de to årene med en korrelasjonskoeffisient på $r=0,87$. Tabell 5 viser midlere prosent av trær med høstskudd i hver full-søsken familie over de to årene. Dersom også trær som satte høstskudd, men med kortere skudd enn 2 cm, ble tatt med i beregningen, økte gjennomsnittstallet til 30 %.

Tabell 5. Prosent trær med høstskudd med strekning mer enn 2 cm i middel for årene 1979 og 1980 for diallel 2. Familier etter selvbestøvning er utelatt, og fem familier som mangler er merket med -.

| Far Mor | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Middel |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 11 | | 1 | 8 | 20 | 0 | 5 | 0 | 1 | 5 | 18 | 6 |
| 12 | 6 | | 1 | 7 | 0 | 2 | 0 | 2 | 9 | 15 | 5 |
| 13 | - | 2 | | 23 | 2 | - | - | 1 | 18 | 20 | 11 |
| 14 | 14 | 28 | 26 | | 4 | 44 | 6 | 18 | 27 | 40 | 23 |
| 15 | 1 | 2 | 3 | 7 | | 2 | 0 | 0 | 3 | 10 | 3 |
| 16 | 8 | 10 | 15 | - | 2 | | 2 | - | 18 | 37 | 13 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 5 | | 1 | 6 | 0 | 2 |
| 18 | 1 | 2 | 1 | 8 | 0 | 15 | 0 | | 12 | 9 | 5 |
| 19 | 6 | 1 | 9 | 27 | 4 | 13 | 1 | 5 | | 21 | 10 |
| 20 | 15 | 13 | 23 | 34 | 1 | 22 | 7 | 0 | 24 | | 15 |
| Middel | 6 | 7 | 10 | 16 | 2 | 14 | 2 | 4 | 14 | 19 | 9 |

Det var små forskjeller mellom resiproke kryssninger (mor og far var byttet om), og med få unntak var middeltallene like for samme foreldretre brukt enten som mor eller far. Som eksempel hadde kryssningsfamiliene 11 x 17 og 17 x 11 begge 0 % trær med høstskudd, mens 14 x 20 og 20 x 14 hadde 40 og 34 %. Trærne 15 og 17 hadde begge få avkom med høstskudd, mens trærne 14 og 20 hadde mange. I en kvantitativ genetisk analyse av høstskuddprosentene (ikke vist her) var det klare signifikante forskjeller mellom foreldretrærne og hovedsakelig additiv genetisk variasjon (Skrøppa mfl. upublisert).

Det var en klar sammenheng mellom tidspunkt for start av skuddskytingen og andel trær med høstskudd; de med høstskudd startet strekningen gjennomsnittlig tre dager tidligere enn de som ikke hadde høstskudd. Det var på familienivå en korrelasjon på $r=-0,58$ mellom prosent trær med høstskudd og dag for vekststart og tilsvarende $r=-0,48$ for dag for vekstavslutning. Det var en svak positiv sammenheng mellom høyde ved sju års alder og prosent trær med høstskudd, og trær som hadde høstskudd var i gjennomsnitt 25 cm høyere enn de som ikke hadde høstskudd (116 cm mot 141 cm).

Det var betydelige forskjeller mellom de 12 blokkene (gjentakene), som hver hadde mer enn 400 trær, i frekvens av trær med høstskudd, med en variasjonsbredde fra 0,8 til 12,3 % i middel over 1979 og 1980. Store forskjeller mellom blokkene var det også for høyder etter sju år (fra 99 til 134 cm), for dag for vekststart (3 dager) og dag for vekstavslutning (7 dager). Korrelasjonskoeffisienter for blokkmiddel mellom høstskuddprosentene og disse tre egenskapene var henholdsvis $r=0,93$, $r=0,35$ og $r=0,94$.

Miljøforskjeller mellom blokker på 150 m² på samme jordstykke påvirker derfor både vekst, vekstrytme og dannelsen av høstskudd. Samtidig er det klare sammenhenger mellom høstskudd og vekstrytme og høydevekst, forårsaket av miljøforskjeller.

I feltforsøket med 45 full-søsken familier fra denne diallellen som ble plantet på skogsmark på høy bonitet nær Gjøvik i 1977, ble det gjort registreringer av skader og feil i 1989, 1994 og 2003. Det var en sterk sammenheng mellom høstskuddprosenten på Hoxmark (Tabell 5) og prosent trær med gankvister etter 22 år (1989) i feltforsøket ved Gjøvik med korrelasjonskoeffisient $r=0,66$. For nye gankvister som var kommet til ved de to neste registreringene, var sammenhengen med høstskuddprosentene svakere med $r=0,18$ og $r=0,33$. Det var lite samvariasjon mellom frekvens doble toppe i 1989 og 1994 ($r=0,20$).

Diallel 3 fra 9 foreldretrær fra Braskereidfoss, høydelaag 300 m

Det var totalt 7,1 % av trærne som hadde høstskudd i 1979 og 8,9 % i 1980, med en sterk sammenheng for familiene mellom prosentene de to årene ($r=0,81$). Tabell 6 viser midlere prosent over de to årene av trær med høstskudd for full-søsken familiene. Dersom også trær som satte høstskudd, men med kortere skudd enn 2 cm ble tatt med i beregningen, økte gjennomsnittstallet til 28 %. Foreldretre 22 hadde avkom med svært få høstskudd, både brukt som mor og som far, men tre 23 hadde avkom med mange høstskudd, både brukt som mor og som far. Det var signifikante genetiske forskjeller mellom foreldretrærne i en kvantitativ genetisk analyse, med hovedsakelig additiv genetisk variasjon (Skrøppa mfl., upublisert). Det var også her sammenheng mellom tidspunkt for vekststart og andel trær med høstskudd; trærne med høstskudd startet i gjennomsnitt strekningen to dager tidligere enn de uten høstskudd. For familiene var korrelasjonen mellom «prosent trær med høstskudd» og «dag for vekststart» -0,44, mens den var 0,22 mellom høstskudd og «dag for vekst avslutning» (ikke signifikant). Det var igjen en positiv sammenheng med høyde etter sju år og prosent trær med høstskudd ($r=0,54$), og de med høstskudd var 9 cm høyere enn de som ikke hadde høstskudd (129 mot 120 cm).

Tabell 6. Prosent trær med høstskudd med strekning mer enn 2 cm i middel for årene 1979 og 1980 for diallel 3. Familier etter selvbestøvning er utelatt og en familie som mangler er merket med -.

| Far Mor | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | Middel |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 21 | | 0 | 25 | 9 | 8 | 3 | 8 | 10 | 12 | 9 |
| 22 | 1 | | 1 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 23 | 42 | 3 | | 27 | 14 | 6 | 14 | 21 | 12 | 17 |
| 24 | 16 | 1 | 40 | | 7 | 1 | 7 | 5 | 20 | 12 |
| 25 | 6 | 0 | 18 | 9 | | 2 | 4 | 9 | 2 | 6 |
| 26 | 3 | 0 | 18 | 0 | 2 | | 9 | 3 | 0 | 4 |
| 27 | 8 | 1 | 19 | 4 | - | 0 | | 4 | 14 | 7 |
| 28 | 15 | 2 | 27 | 11 | 8 | 0 | 2 | | 9 | 9 |
| 29 | 4 | 0 | 16 | 9 | 2 | 0 | 3 | 7 | | 5 |
| Middel | 12 | 1 | 20 | 9 | 6 | 2 | 6 | 7 | 9 | 8 |

Det var også i denne diallellen forskjeller i forekomst av høstskudd mellom blokkene, med en variasjonsbredde fra 5,9 til 10,7 %, som var betydelig mindre enn i diallel 2. For høyde etter sju år var det variasjon mellom blokkene fra 105 til 129 cm, for dag for vekststart 1,5 dager og for vekstavslutning 3 dager. For de to siste variablene var det også betydelig mindre variasjon mellom blokkene enn det var i diallel 2. Korrelasjonskoeffisientene for blokkmiddel mellom høstskuddprosent og høyde, dag for vekststart og vekstavslutning var ikke signifikante.

Skader og feil ble registrert i feltforsøket i Løten med 36 full-søsken familier fra den halve diallellen. Det var her ingen signifikante sammenhenger mellom høstskuddprosent på Hoxmark og frekvenser av trær med gankvister og doble topper.

3.3 Fullsøskenfamilier og kloner fra en faktoriell kryssningsserie

Et kortidsforsøk med planter fra 100 fullsøsken familier ble plantet på dyrka mark på Hoxmark i august 1985 i 12 blokker i fire-tre ruter i planteavstand 1 m (Skrøppa & Steffenrem 2015). Familiene var fra de 100 kontrollerte kryssningene i en 10 x 10 faktoriell forsøksplan utført i Stange frøplantasje i 1983. Ti av foreldrene var norske (N) avlstrær valgt ut i naturlige granbestand i et begrenset område på Østlandet mellom høydeler 40 til 320 m. De 10 andre foreldrene var blitt valgt ut 25 år etter planting innen gode øst-europeiske (E) provenienser i et internasjonalt proveniensforsøk nær breddegrad 64°N i Nord-Sverige. Alle trærne var fenotypisk utvalgt for god høydevekst og fravær av skader. I kryssningene ble fem av klonene i hver gruppe brukt som mor og fem som far. De 100 familiene kan derfor logisk deles inn i fire grupper: 25 familier med norsk opprinnelse (N x N), 25 familier av øst-europeisk opprinnelse (E x E) og 50 familier som provenienshybrider, enten N x E eller E x N.

Våren 1988 ble trær fra de 100 familiene plantet ut på sju forsøkslokaliteter i Norge, Sverige og Finland. Året etter ble 12 kloner, formert som stiklinger, fra hver av 20 av familiene plantet på åtte forsøksfelt i Norge, Sverige, Finland og Danmark.

Forekomst av høstskudd ble bedømt i kortidsforsøket på Hoxmark ved alder fem år fra frø, og her ble det også gjort målinger av skuddstrekning gjennom to vekstsesonger, og dager for start og avslutning av skuddstrekningen ble estimert. I feltforsøkene ble det gjort målinger av høyde og bedømmelse av høstskudd og skader ved alder 10 år i de med alle 100 familier og ved alder 10 og 20 år for klonforsøkene.

I forsøket på Hoxmark hadde i gjennomsnitt 17 % av trærne dannet høstskudd dette året, men med store forskjeller mellom kryssningsgruppene N x N (31 %) og E x E (6 %). Innen den første gruppen var det en variasjon mellom fullsøsken familiene fra 6 til 77 %, mens den var fra 0 til 33 % i den andre, som vist i Tabell 7. I en kvantitativ genetisk analyse av prosent trær med høstskudd ble arvbareheten på rutemiddel nivå estimert til så høye verdier som 0,71 for N x N familiene og 0,51 for E x E familiene (Skrøppa & Steffenrem 2015).

Tabell 7. Prosent trær med høstskudd ved alder fem år i de 100 fullsøsken familiene. Foreldreklonene er norske (N) eller øst-europeiske (E). I N x N familiene hadde 31 % av trærne høstskudd, mens tilsvarende tall var 6 % for E x E familiene.

| Far | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Middel |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Mor | N | N | N | N | N | E | E | E | E | E | |
| 1 N | 20 | 7 | 39 | 74 | 45 | 5 | 4 | 4 | 30 | 12 | 24 |
| 2 N | 25 | 23 | 15 | 77 | 41 | 11 | 14 | 17 | 54 | 23 | 30 |
| 3 N | 43 | 8 | 20 | 56 | 17 | 6 | 2 | 18 | 41 | 17 | 23 |
| 4 N | 44 | 33 | 27 | 58 | 29 | 8 | 6 | 10 | 38 | 1 | 25 |
| 5 N | 6 | 8 | 7 | 63 | 21 | 1 | 0 | 0 | 28 | 3 | 14 |
| 6 E | 11 | 5 | 6 | 41 | 14 | 2 | 2 | 2 | 19 | 3 | 11 |
| 7 E | 17 | 10 | 6 | 60 | 14 | 6 | 3 | 0 | 33 | 6 | 15 |
| 8 E | 15 | 10 | 12 | 58 | 23 | 2 | 5 | 4 | 28 | 10 | 17 |
| 9 E | 7 | 2 | 2 | 32 | 2 | 0 | 2 | 2 | 7 | 1 | 6 |
| 10 E | 3 | 3 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 |
| Middel | 19 | 11 | 13 | 54 | 21 | 4 | 4 | 6 | 28 | 8 | 17 |

Det var i de to familiegruppene N x N og E x E betydelig genetisk variasjon for «dag for start» og «avslutning av skuddstrekningen» med høye estimater for arvbarhet (Skrøppa & Steffenrem 2015). Det var også sterk negativ genetisk korrelasjon mellom «dag for vekststart» og «prosent høstskudd» med korrelasjonskoeffisienter (r) på -0,69 og -0,78 for de to gruppene; tidlig vekststart gav høy andel trær med høstskudd. For «dag for avslutning av strekningen» var den genetiske sammenhengen svakere, spesielt i E x E gruppen.

I feltforsøkene varierte frekvensene av trær med høstskudd og med skader og feil både mellom lokalitetene og mellom registreringsårene. På alle felt var det laveste frekvenser for trærne fra E x E familiene. Det var sterke sammenhenger mellom frekvenser av høstskudd på Hoxmark og på flere av feltene, som vist i Tabell 8. Tabellen viser også at det i mange tilfeller var sterkt samsvar mellom tidspunkt for start av skuddstrekningen og høstskuddfrekvens; tidlig-skytende familier hadde også i feltforsøkene mest høstskudd. Det var svakere sammenheng mellom høstskudd og «tidspunkt for avslutning av skuddstrekningen».

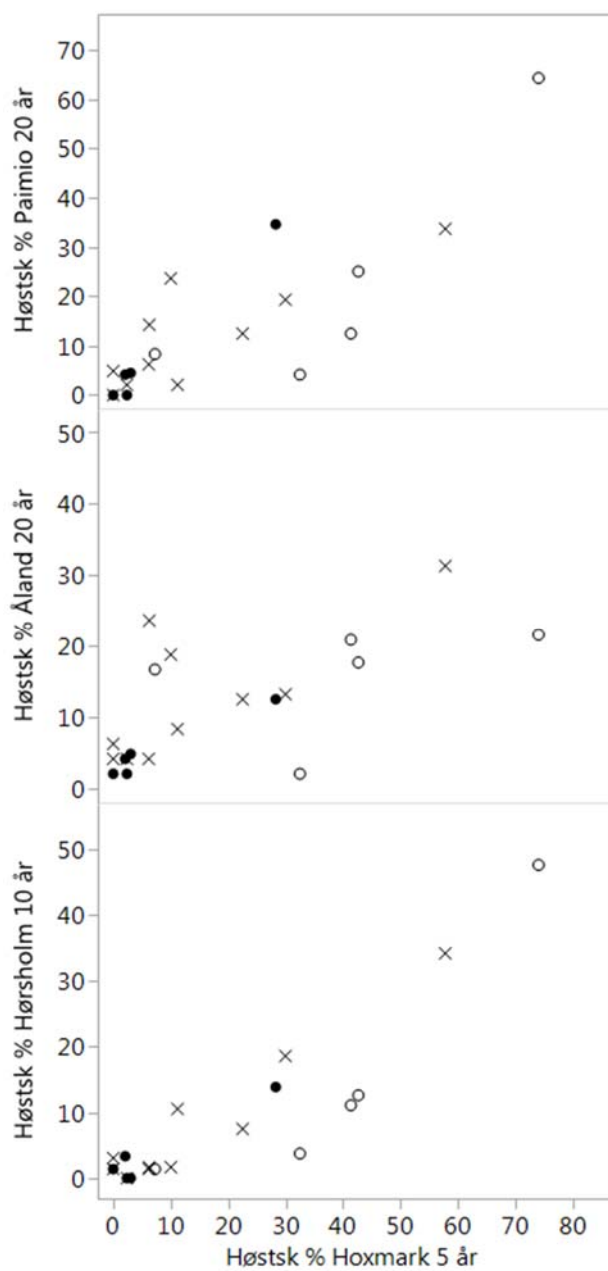
På flere av feltene ble det registrert gankvister på et betydelig antall av trærne. For enkelte felt og år var det signifikant sammenheng mellom «prosent trær med høstskudd» i kortidsforsøket på Hoxmark og «prosent trær med gankvister» i feltforsøket, med korrelasjonskoeffisienter på størrelse 0,50-0,65. Eksempler på samvariasjon mellom høstskuddprosent på Hoxmark og høstskudd og gankvister i feltforsøkene er vist i Figurene 3 og 4.

Tabell 8. Prosent trær med høstskudd og gankvister på tre felt med 20 familier hver med 12 kloner og korrelasjonskoeffisienter mellom høstskuddprosent i feltforsøkene og «dag for vekststart» og «- vekstavslutning» i kortidsforsøket på Hoxmark.

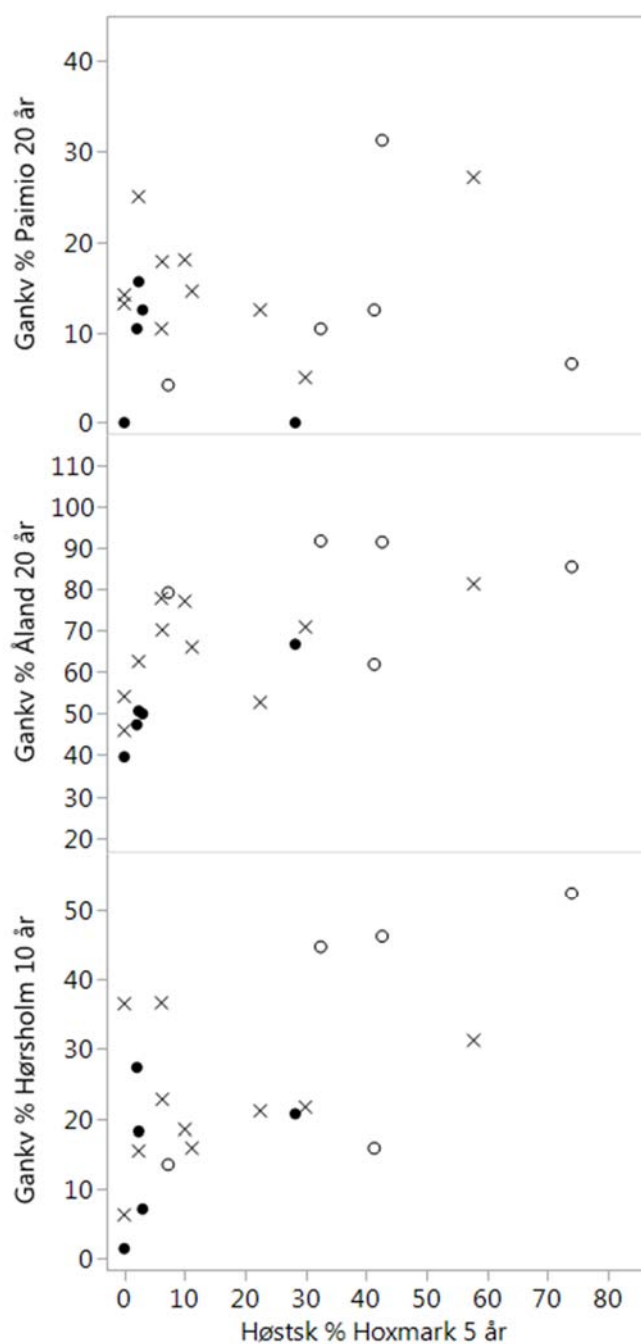
| | Hørsholm Danmark | | Åland Finland | | Paimio Finland | |
|----------------------------------|---------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| | 10 år | 20 år | 10 år | 20 år | 10 år | 20 år |
| Trær med høstskudd % | 9 | 4 | 3 | 12 | 1 | 12 |
| Trær med gankvister % | 24 | 62 | 28 | 66 | 33 | 14 |
| Korrelasjonskoeffisienter | | | | | | |
| Høstskudd Hoxmark | 0,90 | 0,66 | 0,83 | 0,67 | - | 0,84 |
| Vekststart Hoxmark | -0,73 | -0,46 | -0,67 | -0,80 | - | -0,72 |
| Vekstavslutning Hoxmark | -0,51 | -0,30 | -0,49 | -0,58 | - | -0,43 |

I en variansanalyse over de tre forsøksfeltene Hørsholm, Åland og Paimio for prosent høstskudd var det signifikante forskjeller både mellom familier og mellom kloner innen familier. Innen 19 av de 20 familiene var det kloner som ikke hadde et eneste tre med høstskudd på noen de tre feltene.

Variasjonen mellom kloner var spesielt stor innen gruppen av N x N familier.



Figur 3. Sammenhengen mellom prosent høstskudd i korttidsforsøket på Hoxmark og tre feltforsøk ved ulike aldre år. Åpne ringer angir at familiene kommer fra krysning mellom kun norske foreldre, kryss angir krysning mellom norsk og øst-europeisk, og fylte punkter angir krysning mellom øst-europeiske foreldre.



Figur 4. Sammenhengen mellom prosent høstskudd på Hoxmark og prosent gankvister i tre feltforsøk ved ulike aldre. Åpne ringer angir at familiene kommer fra krysning mellom kun norske foreldre, kryss angir krysning mellom norsk og st-europeisk, og fylte punkter angir krysning mellom øst-europeiske foreldre.

3.4 Avkomforsøk i foredlingen

Skogplanteforedlingen etablerer avkomforsøk for å teste avlsmaterialene som inngår i foredlingsprogrammet. Avkomforsøkene etableres i hovedsak på skogsmark, men tidligere ble også en del felt etablert for korttidstesting på innmark. Forsøkene skal være fordelt geografisk slik at materialene testes i klima som er representativt for der de etter hvert er tenkt brukt til kommersiell skogplanting. Et vanlig avkomforsøk inneholder familier etter kontrollerte kryssninger eller åpenpollinering, samt avkom fra vanlig handelsfrø fra provenienser sanket i skogen og i frøplantasjer. Handelsfrøet fra proveniensene og frøplantasjene er med for å ha referanse til andre forsøk, for å beregne optimalt bruksområde, og for å beregne foredlingsgevinst. Vanlige avkomforsøk inneholder 30 gjentak (planter) for hver sort som testes. For egenskaper som toppskader og høstskudd som registreres i klasser, er da forsøkene noe små til å trekke klare konklusjoner fra enkeltforsøk. En må derfor se på resultatene fra mange forsøk samlet for å trekke ut de viktigste trendene for materialene. Landet er delt inn i foredlingssoner med ulike foredlingsmaterialer, der G1, G2 og G3 omfatter Østlandet 0-350 m, 350-650 m, 650-950 m, henholdsvis, og G5 Trøndelag og Helgeland 0-250 m.

I skogplanteforedlingen registreres toppskader når avkomforsøkene måles. Toppskadene registreres da som antall skader oppstått siden forrige måling basert på observasjon av gankvist og dobbel stamme. Summen av antall toppskader forteller oss da hvor ofte treet har vært utsatt for skader. I tillegg registreres høstskudd på siste årsskudd i de feltene der dette forekommer med en viss frekvens.

Tabell 9 gir en oversikt over avkomforsøk i foredlingen og viser hvor stor andel av trærne som har en eller flere toppskader i aldersperiodene forsøkene er registrert. Det varierer fra at 4 % av trærne har hatt toppskader til 88 % i aldersperioden. Det er imidlertid store forskjeller mellom familiene, der det i mange forsøk finnes familier uten en eneste feil, mens andre andelen trær med feil i andre familier kan være opp mot 70 – 100 %. Også forekomst av høstskudd varierer mye mellom felt, og mellom familier innen samme felt.

Tabell 9. Forekomst av toppskader og høstskudd i avkomforsøk i ulike kommuner i foredlingsprogrammet for gran. Tabellen viser foredlingszone (Sone); høyde over havet (Hoh); omtrentlig alder ved registrering (Alder); antall sorter i forsøket fra familier (Fam), provenienser (Prov) og frøplantasjer (Frøpl); andel trær med toppskader og høstskudd over hele forsøket (Mid), og familien med lavest (Lav) og høyest (Høy) forekomst. Aldersklassene er 5-15 år (Alder 10), 16-25 år (Alder 20) og 26-35 år (Alder 30).

| Kommune | Sone | Hoh | Alder | Fam | Prov | Frøpl | Toppskader % | | | Høstskudd % | | |
|-----------|------|-----|-------|-----|------|-------|--------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | | | | | | | Mid | Lav | Høy | Mid | Lav | Høy |
| Sauherad | G1 | 76 | 10 | 53 | 7 | 4 | 68 | 39 | 93 | 47 | 16 | 79 |
| Vestby | G1 | 93 | 20 | 113 | 4 | 5 | 25 | 5 | 55 | | | |
| Vestby | G1 | 93 | 30 | 51 | 4 | | 44 | 19 | 74 | | | |
| Vestby | G1 | 94 | 20 | 114 | | 4 | 28 | 5 | 55 | | | |
| Drangedal | G1 | 113 | 10 | 55 | 7 | 4 | 41 | 0 | 77 | 15 | 0 | 48 |
| Gjøvik | G1 | 143 | 10 | 51 | 4 | | 19 | 0 | 46 | 19 | 0 | 50 |
| Gjøvik | G1 | 145 | 10 | 115 | | 4 | 21 | 0 | 71 | 12 | 0 | 40 |
| Gjøvik | G1 | 147 | 10 | 114 | 4 | 5 | 25 | 0 | 70 | | | |
| Gjøvik | G1 | 148 | 10 | 140 | 3 | | 21 | 0 | 47 | 26 | 3 | 63 |
| Sigdal | G1 | 156 | 10 | 61 | 7 | 4 | 52 | 0 | 100 | 50 | 0 | 86 |
| Gjøvik | G1 | 184 | 10 | 94 | 4 | 2 | 29 | 5 | 63 | 23 | 5 | 74 |
| Elverum | G1 | 200 | 10 | 229 | 5 | 4 | 35 | 0 | 75 | | | |
| Sigdal | G1 | 213 | 10 | 92 | 6 | 9 | 51 | 14 | 100 | | | |
| Ø. Toten | G1 | 219 | 10 | 61 | 7 | 4 | 21 | 0 | 50 | 26 | 4 | 65 |
| Gjøvik | G1 | 239 | 10 | 33 | 5 | 4 | 42 | 19 | 57 | | | |
| Løten | G1 | 292 | 10 | 93 | 10 | 14 | 88 | 67 | 100 | | | |
| Gjøvik | G1 | 306 | 10 | 38 | 4 | 5 | 26 | 6 | 57 | | | |
| Gjøvik | G1 | 306 | 20 | 38 | 4 | 5 | 39 | 17 | 64 | | | |
| Våler | G1 | 309 | 10 | 211 | 5 | 4 | 56 | 21 | 100 | | | |
| Ringsaker | G1 | 329 | 10 | 49 | 9 | 14 | 61 | 36 | 100 | 56 | 11 | 100 |
| Gjøvik | G1 | 369 | 10 | 94 | 4 | 2 | 8 | 0 | 30 | 1 | 0 | 18 |
| Gjøvik | G1 | 369 | 30 | 94 | 4 | 2 | 12 | 0 | 43 | | | |
| Ringsaker | G1 | 382 | 10 | 49 | 8 | 9 | 75 | 54 | 100 | | | |
| Ringsaker | G1 | 384 | 10 | 87 | 6 | 9 | 59 | 0 | 100 | | | |
| Hamar | G1 | 398 | 10 | 50 | 4 | | 23 | 0 | 46 | 11 | 0 | 33 |
| Hamar | G1 | 403 | 20 | 112 | 4 | 5 | 43 | 0 | 82 | | | |
| Ø. Toten | G1 | 405 | 20 | 92 | 7 | 9 | 43 | 13 | 82 | | | |

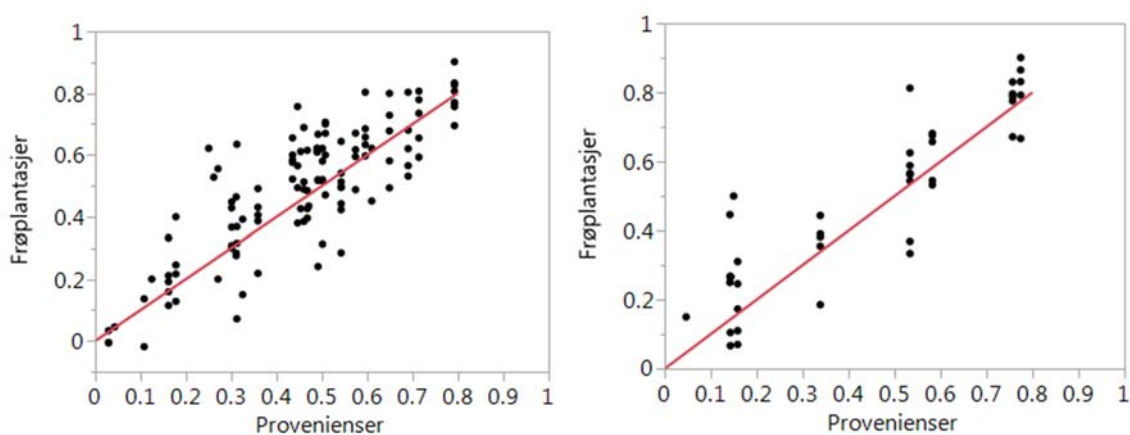
| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|---|----|
| Gjøvik | G1 | 409 | 10 | 94 | 4 | 2 | 19 | 0 | 45 | 13 | 0 | 47 |
| Hamar | G1 | 412 | 10 | 139 | 3 | | 27 | 4 | 67 | 22 | 0 | 64 |
| Hamar | G1 | 412 | 20 | 139 | 3 | | 79 | 40 | 100 | | | |
| Hamar | G1 | 415 | 10 | 115 | | 4 | 24 | 0 | 100 | 16 | 0 | 50 |
| Hamar | G1 | 415 | 20 | 115 | | 4 | 43 | 0 | 100 | | | |
| Gjøvik | G2 | 137 | 10 | 66 | 8 | 8 | 28 | 0 | 80 | | | |
| Gjøvik | G2 | 139 | 10 | 172 | 7 | 8 | 19 | 0 | 63 | 30 | 0 | 75 |
| Gjøvik | G2 | 276 | 10 | 31 | 5 | 10 | 52 | 28 | 72 | | | |
| Sigdal | G2 | 324 | 20 | 86 | 7 | 9 | 26 | 0 | 63 | | | |
| Ø. Toten | G2 | 339 | 20 | 31 | 5 | 10 | 64 | 24 | 91 | | | |
| Ringsaker | G2 | 366 | 10 | 31 | 4 | 10 | 58 | 24 | 83 | | | |
| Ø. Toten | G2 | 368 | 20 | 83 | 7 | 9 | 42 | 12 | 71 | | | |
| Hamar | G2 | 406 | 10 | 66 | 8 | 8 | 51 | 20 | 85 | | | |
| Gjøvik | G2 | 416 | 10 | 179 | 7 | 8 | 35 | 3 | 57 | 30 | 3 | 80 |
| Gjøvik | G2 | 422 | 10 | 66 | 8 | 8 | 61 | 27 | 84 | 23 | 3 | 66 |
| Ø. Toten | G2 | 424 | 20 | 87 | 7 | 9 | 36 | 13 | 67 | | | |
| V. Toten | G2 | 474 | 10 | 82 | 7 | 9 | 54 | 0 | 100 | | | |
| S. Land | G2 | 493 | 10 | 179 | 7 | 8 | 44 | 14 | 77 | | | |
| S. Land | G2 | 496 | 10 | 66 | 8 | 8 | 55 | 19 | 91 | | | |
| Ringsaker | G2 | 510 | 10 | 48 | | 6 | 36 | 17 | 65 | | | |
| Trysil | G2 | 535 | 10 | 48 | | 6 | 35 | 0 | 67 | | | |
| Ringsaker | G2 | 548 | 10 | 87 | 7 | 9 | 49 | 25 | 81 | | | |
| Hurdal | G2 | 554 | 10 | 77 | 3 | 1 | 29 | 5 | 58 | | | |
| Hurdal | G2 | 554 | 20 | 77 | 3 | 1 | 40 | 13 | 63 | | | |
| Etnedal | G2 | 561 | 10 | 48 | | 6 | 44 | 27 | 64 | | | |
| Sigdal | G2 | 576 | 10 | 77 | 3 | 1 | 5 | 0 | 19 | | | |
| Sigdal | G2 | 576 | 30 | 77 | 3 | 1 | 13 | 0 | 33 | | | |
| Sigdal | G3 | 447 | 10 | 63 | 3 | 4 | 7 | 0 | 24 | | | |
| Sigdal | G3 | 447 | 20 | 63 | 3 | 4 | 17 | 0 | 50 | | | |
| Midt. Gauldal | G3 | 492 | 10 | 30 | 10 | | 58 | 39 | 83 | | | |
| Gjøvik | G3 | 517 | 10 | 117 | 9 | 4 | 46 | 18 | 79 | | | |
| Gjøvik | G3 | 520 | 10 | 93 | 4 | 3 | 25 | 0 | 54 | | | |

| | | | | | | | | | |
|------------------|----|-----|----|-----|----|---|----|----|--------|
| Gjøvik | G3 | 520 | 20 | 93 | 4 | 3 | 43 | 0 | 86 |
| Gjøvik | G3 | 521 | 10 | 102 | 9 | | 46 | 0 | 78 |
| Ringsaker | G3 | 543 | 10 | 24 | 4 | 5 | 39 | 0 | 75 |
| Hurdal | G3 | 563 | 10 | 62 | 3 | 5 | 4 | 0 | 19 |
| Hurdal | G3 | 563 | 20 | 62 | 3 | 5 | 38 | 6 | 69 |
| Tydal | G3 | 577 | 10 | 30 | 10 | | 58 | 43 | 92 |
| Ø. Slidre | G3 | 597 | 30 | 107 | 11 | | 24 | 0 | 55 |
| Ringsaker | G3 | 613 | 10 | 30 | 6 | | 14 | 0 | 36 |
| Ringsaker | G3 | 625 | 20 | 30 | 9 | | 71 | 50 | 87 |
| Etnedal | G3 | 652 | 10 | 28 | 4 | | 35 | 9 | 82 |
| Ringebu | G3 | 716 | 30 | 104 | 11 | | 35 | 0 | 86 |
| Gjøvik | G3 | 763 | 10 | 93 | 4 | 3 | 35 | 0 | 70 |
| Gjøvik | G3 | 763 | 20 | 93 | 4 | 3 | 49 | 0 | 80 |
| Etnedal | G3 | 857 | 20 | 30 | 6 | | 52 | 32 | 75 |
| Etnedal | G3 | 912 | 20 | 29 | 4 | | 52 | 22 | 90 |
| Grane | G5 | 73 | 10 | 31 | 3 | | 13 | 3 | 28 |
| Steinkjer | G5 | 132 | 10 | 69 | 3 | 1 | | | 6 0 20 |
| Steinkjer | G5 | 132 | 30 | 69 | 3 | 1 | 19 | 0 | 47 |
| Stjørdal | G5 | 162 | 30 | 77 | 3 | 2 | 16 | 0 | 40 |

Tabellen viser at det er stor variasjon mellom familier både for andel trær med toppskader og med høstskudd. Arvbarheten for disse egenskapene vil avhenge av om det generelt er høye eller lave frekvenser i forsøket. Beregninger viser at i forsøkene med mer enn 15-20 % høstskudd er arvbarhetene mellom 0,15 – 0,40. Det vil si en moderat høy arvbarhet. Til sammenligning er arvbarheten for høyde ca. 0,15 i disse forsøkene. Ved lavere forekomst av høstskudd enn 15 % vil arvbarhetene bli svært lave. Arvbarheten for toppskader ser ut til å være betydelig lavere da den ligger mellom 0 og 0,20, med hovedvekten av materialet under 0,10. Toppskader kan ha mange årsaker, og dermed er det sannsynligvis flere miljøfaktorer spiller inn, og muligens er et større antall gener involvert. Dette vil bidra til lavere arvbarhet enn det en får hos egenskaper som påvirkes av færre gener og miljøfaktorer.

Beregninger av genetiske korrelasjoner viser at det i den yngste fasen (5-15 år) er en tydelig sammenheng mellom toppskader og høstskudd. Familier med høyere frekvens av høstskudd i siste års toppskudd har også generelt mer toppskader. Toppskadene er da vurdert i tidsperioden "fra siste registrering", altså i grenkranser 5-7 år tilbake i tid. Det er også en sammenheng mellom toppskader og tidspunkt for vekststart som viser at familier som skyter tidlig om våren, har mer toppskader. Samtidig er det også en tydelig sammenheng mellom andel høstskudd og tidspunkt for skuddskyting i de to forsøkene der begge disse egenskapene er målt. Den genetiske korrelasjonen mellom toppskader og høydevekst varierer mye fra felt til felt. På noen felt har høye trær mindre toppskader, mens det på andre felt kan være stikk motsatt.

Siden avkomforsøkene omfatter både provenienser og frøplantasjepartier, kan de to typer av materialer sammenlignes. Figur 5 viser andel trær med toppskader og høstskudd for planter fra vanlige bestandsfrø-provenienser sanket i skog sammenlignet med planter etter frøplantasjefrø. Plantene fra bestandsfrø-provenienser er brukt som referanse (kontroll) og angis i figuren som referanselinjen. Punkter som ligger over referanselinjen viser høyere forekomst av toppskader hos avkom fra frøplantasjene. Figuren viser tydelig hvor stor variasjon det er mellom forsøkslokalitetene. Det er generelt slik at på felt der planter fra bestandsfrø-proveniensen får mye toppskader og høstskudd, får også avkom etter frøplantasjene det. Det er små forskjeller mellom de to gruppene, med kun ca. 4 prosentpoeng høyere andel trær med toppskader, og 3 prosentpoeng høyere andel trær med høstskudd, blant frøplantasjeplantene. Det er ikke generelt slik at enkelte frøplantasjer er verre eller bedre enn andre, men på de beste bonitetene lengst sør ser det ut til at f. eks. materialene fra Stange frøplantasje har noe lavere frekvenser av høstskudd og toppskader.



Figur 5. Sammenligning mellom frekvens av toppskader (t.v.) og høstskudd (t.h.) hos planter som er plantet med bestandsfrø (x-aksen) og frøplantasjefrø (y-aksen) i avkomforsøk etter 5-15 år i felt. Rød referanselinje angir 1:1 forholdet mellom de to gruppene av materialer.

Alle frøplantasjene som inngår i denne beregningen, er etablert med det opprinnelige 1. generasjonsutvalget som ble gjort på 1950- og 60 tallet. Effekten av utvalg etter testing i avkomforsøk kommer først for plantasjene som etableres nå og framover. Disse er ikke kommet i full bruk ute i skogen enda.

4 Diskusjon og konklusjoner

Den økende frekvensen av høstskudd og toppskader som er blitt observert i yngre granbestand de senere årene, og de negative effektene dette kan ha for kvaliteten av virket, gjør at det er viktig å fokusere på denne problemstillingen i skogplanteforedlingen. En kilde til kunnskap vil være fra forsøker der systematiske registreringer er blitt gjort gjennom mange år på ulike genetiske materialer plantet etter kjente forsøksplaner. Resultatene som er presentert her, er fra slike forsøk. De har allikevel noen begrensninger; mange av forsøkene ble plantet for 30-45 år siden, trærne hadde sin tidlige vekstperiode under andre klimaforhold enn de vi har i dag, og flere ble plantet som kortidsforsøk på dyrka mark. Det siste kan også være en fordel fordi forekomsten av høstskudd er betydelig høyere på god bonitet, noe som gjøre det mulig å få fram større variasjon i denne egenskapen og dermed identifisere genetiske materialer som lett setter høstskudd. Det er heller ikke negativt at registreringene er gjort i ung alder dersom det kan etableres sammenhenger mellom tidlige resultater og de samme egenskapene målt i eldre langsiktige feltforsøk i skogen. Det vil gi mulighet for å gjøre utvalg etter få års testing i skogplanteforedlingen.

Resultatene viser store variasjoner i forekomst av høstskudd og toppskade både for ulike typer av genetiske materialer (provenienser, populasjoner og familier), mellom og innen ulike typer av forsøkslokaliteter og mellom enkelte år og tidsperioder.

Provenienser og populasjoner

De mellom-europeiske proveniensene fra midlere høydelaag hadde høyest andel trær med høstskudd, betydelig høyere enn de nordiske. Det var også stor variasjon mellom populasjoner for evne til å sette høstskudd, både mellom populasjoner fra Romania og populasjoner fra Norge. Norske populasjoner fra høyereliggende skog i Sør-Norge hadde lavere høstskuddprosent enn de fra lavlandet. Blant populasjoner med opphav nord for breddegrad 63 (Trøndelag og Helgeland) sterk sammenheng mellom høstskuddprosent og breddegrad og høydelaag, med lavest verdi for de med nordlig eller høyereliggende opphav.

Familier

For avkom fra samme populasjon var det også stor variasjon for denne egenskapen; fra en og samme populasjon var det i flere tilfeller familier der alle trærne var uten høstskudd, og familier der mer enn halvparten av trærne hadde høstskudd. Tilsvarende variasjon finnes mellom familier etter kontrollert krysninger innen en populasjon, og det gir samme genetiske utslag om et foreldretre er mor eller far i en krysning. Det kan være stor variasjon i andel trær med høstskudd i familier etter utvalgte avlstrær fra et begrenset område i Sør-Norge. Samtidig kan slik variasjon bli betydelig redusert gjennom seleksjon. I avkomforsøkene i foredlingen er det spesielt stor variasjon mellom familier når forsøket er på en lokalitet som er gunstig for utvikling av høstskudd.

Forsøkslokaliteter

Forekomst av høstskudd varierer mye mellom forsøkslokaliteter. Dette kommer tydelige frem i Tabell 9 og Figur 5: På de fleste høyereliggende forsøkslokaliteter var frekvensene så lave at registrering ikke ble gjennomført. På andre lokaliteter varierte det fra mellom 10 – 80 %. Dette skyldes forskjeller i klima og bonitet. Innen ett og samme forsøk kan det også være store forskjeller mellom forsøksrutene (gjentakene) med de samme familiene slik som det er vist for flere forsøk på Hoxmark. Dette kan komme av forskjeller i næringsinnhold og jordstruktur mellom rutene. De genetiske forskjellene mellom fullsøsken-familiene i de to diallele krysningsseriene, f. eks. fra 0 til 37 % i diallel 2, var

allikevel betydelig større enn forskjellene mellom forsøksrutene i disse forsøkene. I andre forsøk var variasjonen mellom rutene like stor som den genetiske variasjonen. Forekomster av høstskudd har fått spesiell stor oppmerksomhet i kommersielle planteskoler (Landis 2012) og kan påvirkes av skjøtselstiltak som vanning, gjødsling og kortdagsbehandling.

Årsvariasjon og alder

I ett- og samme forsøk kan det være betydelig variasjon mellom år i forekomsten av høstskudd. Dette kom klart til uttrykk i forsøkene på Hoxmark og på Kvatningen. Dette kan skyldes årlig variasjon i temperatur og nedbør gjennom siste del av sommeren. Det kan også være en effekt av alder ved at helt unge trær lettere får høstskudd. Ulike komponenter i vekstrytmen til trærne endrer seg med alder (Ununger mfl. 1988), og dette kan påvirke evnen til å sette høstskudd. I en større undersøkelse på gran i Latvia kunne det allikevel ikke påvises signifikante forskjeller i andel trær med høstskudd mellom plantefelt i alder tre til sju år (Neimane mfl. 2017). For familier av douglasgran viste Adams & Bastien (1994) at det var en avtakende frekvens av høstskudd fra alder fem til ti år. Samtidig ble sammenhengen mellom høydetilvekst og høstskuddfrekvens gradvis svakere gjennom hele perioden. At høstskudd kan forekomme i plantefelt med gran ved alder 20 år, ble vist med resultatene fra forsøkene på Åland og Paimio (Figur 3).

Genetiske sammenhenger

Trær med høstskudd var i gjennomsnitt høyere enn de uten høstskudd. I proveniensforsøkene kan dette være en «forflytningseffekt» i forhold til fotoperioden de opprinnelig er tilpasset til; særlige provenienser har både bedre høydevekst og setter lettere høstskudd enn nordlige provenienser. De samme sammenhengene er til stede også mellom familier fra samme populasjon og enten populasjonen er naturlig eller en del av foredlingspopulasjonen. Tilsvarende resultater for høstskudd og høydevekst ble funnet for familier av gran ved alder 8 til 13 år i forsøk i Latvia; de høyeste trærne hadde største andel høstskudd (Neimane mfl. 2015). Forfatterne argumenterer for at den økte frekvensen av høstskudd som er observert de senere årene, vil føre til større høydevekst i granskogen. De diskuterer ikke om dette kan ha negative effekter på virkeskvaliteten.

For norske populasjoner nord for breddegrad 63 var det minst andel høstskudd for populasjonene som skyter tidligst. De er fra høyereliggende områder eller langt mot nord og er tilpasset et kaldt klima med kort vekstsesong. Det skal sannsynligvis mer til for å få de til å skyte igjen enn de som kommer fra lavere høydeler. Sammenhengen mellom vekstrytme og høstskudd er imidlertid motsatt på familienivå; uansett om familiene har opphav fra kryssninger innen naturlige skogbestand eller innen foredlingspopulasjonen er det mest høstskudd hos familiene som skyter tidligst. Tilsvarende sammenhenger ble også funnet av Neimane mfl. (2015) i studien fra Latvia. Dette viser at for familier kan vekstrytme være en viktig faktor for dannelsen av høstskudd; trær som skyter tidlig, avslutter strekningen tidlig og skyter lettere på nytt under gunstige forhold sent på sommeren. En kan også tenke seg at det er de samme genene som styrer knoppsprett, eller det å unngå for tidlig knoppsprett, enten det er på våren eller høsten. Slike motsatte forskjeller i sammenhenger mellom vekstrytme- og vekstegenskaper på proveniens- og familienivå er tidligere vist av Hannerz mfl. (1999) og Johnsen & Skrøppa (2000).

Forekomst av toppskader med påfølgende dobbeltopper og gankvister viser også en betydelig variasjon både mellom genetiske materialer, mellom lokaliteter og mellom år i samme forsøk, som vist i Tabell 9. Slike skader kan ha flere årsaker. Dannelse av høstskudd kan være en faktor, men skadene kan også skyldes frost tidlig i vekstsesongen eller etter vekstavslutning på høsten (uten at det nødvendigvis er blitt dannet høstskudd). Når mellom-europeiske provenienser får mer skader og dårligere kvalitet enn lokale norske provenienser (Skrøppa mfl. 1993), skyldes dette sannsynligvis sen vekstavslutning og herdighetsutvikling etter flytting flere breddegrader nordover. Det er i noen forsøk med familier klare

sammenhenger mellom andel trær med høstskudd og gankvist. Det er også vist positiv sammenheng mellom andel trær med høstskudd i kortidsforsøk på dyrka mark og med gankvist i feltforsøk. Familier som setter mye høstskudd har altså en tendens til oftere å få toppskader med påfølgende gankvist. Men dette gjelder ikke under alle forhold, sannsynligvis fordi skadene kan komme av ulike årsaker, som påpekt ovenfor.

Tiltak i skogplanteforedlingen

I planteforedlingen ønsker en å gjøre utvalg for plantematerialer med bedre kvalitetsegenskaper. Resultatene fra forsøkene rapportert her viser at på mange lokaliteter er det høstskuddene som fører til toppskader og påfølgende gankvist. Både toppskader og høstskudd viser genetisk variasjon slik at utvalg kan gjøres direkte for å redusere omfanget av begge deler. Samtidig er det genetiske sammenhenger med tidspunkt for vekststart og vekstavslutning, slik at en i praksis kan velge mer sentskytende materialer for å få lavere frekvens av høstskudd. Sammenhengene viser også at det kan gjøres utvalg for å redusere omfanget av toppskader allerede fra unge forsøk. Siden de høyeste familiene generelt har mest høstskudd, bør en samtidig vurdere både høydevekst og frekvenser av høstskudd. Utvalg for mange egenskaper samtidig vil kreve at et stort antall familier testes. Foreløpig har en ikke slik informasjon fra nok familier i de mest aktuelle foredlingssonene. Ett alternativ er å registrere knoppsprett direkte på kloner der de står i frøplantasjer og klonarkiv for å skille tidligskytende fra sentskytende materialer i foredlingspopulasjonen.

Det vil være lite effektivt å utnytte proveniensvariasjonen vi observerer til å redusere forekomst av toppskader forårsaket av høstskudd. Det ville i praksis bety forflytning sørover eller lavere i terrenget, noe som vanligvis fører til redusert volumproduksjon.

LITTERATURREFERANSER

- Adams, W.T. & Bastien, J.C. 1994. Genetics of second flush in a French plantation of coastal Douglas-fir. *Silvae Genetica* 43:345-252.
- Anekonda, T.S., Adams, W.T. & Aitken, S.N. 1998. Influence of second flushing on genetic assessment of cold hardiness in coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mir.) Franco). *Forest Ecology and Management* 111:119-126.
- Dietrichson, J. 1973. Noen resultater fra 8-årige forsøk med rumensk granmateriale innsamlet i oktober og november 1962. Upublisert rapport, Norsk institutt for skogforskning. 16 s.
- 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. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen* 23: 205-221.
- Dietrichson, J. 1969. Growth rhythm and yield as related to provenance, progeny and environment. *Proceedings World Consultation on Forest Genetics and Tree Improvement. FAO/FORGEN* 69- 2/3.
- Fottland, H. & Skrøppa, T. 1989. The IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea Abies*) in Norway. Variation in mortality and height growth. *Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning* 43:1 1-30.
- Hannerz, M., Sonesson, J. & Ekberg, I. Genetic correlations between growth and growth rhythm observed in a short-term test and performance in long-term field trials of Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 29:768-778.
- Johnsen, Ø. & Skrøppa, T. 2000. Provenances and families of Norway spruce show different patterns of relationships between bud-set and frost hardiness. *Canadian Journal of Forest Research* 30:1858-1886.
- Landis, T.D. 2012. Lammas shoots in nurseries and plantations. *Forest Nursery Notes. Winter 2012:* 5- 9.
- Neimane U., Zadina, M., Sisenis, L., Dzerina, D. & Pobiarsens, A. 2015. Influence of lammas shoots on productivity of Norway spruce in Latvia. *Agronomy Research* 13: 354-360.
- Neimane U., Baders, E., Zadaina, M. Jansons, J. & Jansons, A. 2017. Environmental factors affecting formation of lammas shoots in young stands of Norway spruce in Latvia. *Baltic Forestry* (in press).
- Skrøppa, T. 1996. Diallel crosses in *Picea abies* II. Performance and inbreeding depression of selfed families. *Forest Genetics* 3: 69-79.
- Skrøppa, T. & Tho, T. 1990. Diallel crosses in *Picea abies*. I. Variation in seed yield and seed weight *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 355-367.
- Skrøppa, T., Martinsen, D.R. & Følstad, A. 1993. Vekst og kvalitet av mellomeuropeisk og norsk gran plantet i Østfold. *Rapport fra Skogforsk* 7/93: 1-20.
- Skrøppa, T., Hysten, G. & Dietrichson, J. 1999. Relationships between wood density components and juvenile height growth and growth rhythm traits for Norway spruce provenances and families. *Silvae Genetica* 49: 13-22.
- Skrøppa, T. & Steffenrem, A. 2015. Selection in a provenance trial of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) produced a land race with desirable properties. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30: 439-449.

- Skrøppa, T. & Steffenrem, A. 2017. Genetic variation in phenology and growth among and within Norway spruce populations in Central and Northern Norway. Upublisert manuskript.
- Søgaard, G., Kvaalen, H., Granhus, A., Sundheim, I.S., Hanssen, K.H., Steffenrem, A. & Skrøppa, T. 2010. Høstskudd hos gran kan være et økende fenomen. Glimt fra Skog og landskap, 10 (10) 2 s.
- Ununger, J., Ekberg, I. & Kang, H. 1988. Genetic control and age-related changes of juvenile growth characters in *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research 3: 55-66.

NOTATER

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.