

# Genetisk vinst i volym över tid i två granklontester

Genetic gain in volume production over time in two Norway spruce experiments



FOTO: ERIK VIKLUND/SKOGFORSK



## Abstract

Early height measurement has commonly been used as a selection criterion in the Norway spruce breeding programme in Sweden, where the main breeding objective is to increase timber production per unit area. The aim of this study was to compare differences in early height with differences in stand yield at 30 years (after two thinnings) in improved (IM) and unimproved (UNI) materials of Norway spruce. The study was based on two field trials set up in southern Sweden at the Remningstorp Estate. The results showed that IM material, on average, had 21.5% greater standing volume after 30 years compared with UNI material. Height measured at six years was an average of 22.3% greater in the IM trees. This study indicates that, for improved Norway spruce, relative difference in volume production per hectare after half the rotation period is approximately the same as relative differences in early height measurements.



---

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se  
©Skogforsk 2018 ISSN 1404-305X

## **Förord**

Denna arbetsrapport behandlar två försök där förädlad (utvalda kloner) och oförädlad gran testades, försök S21S8821096 och S21S8821102. Rapporten behandlar tidiga och sena mätningar av höjd och diameter. Mätningarna ger en indikation om hur tidiga skillnader mellan förädlad och oförädlad material förhåller sig till skillnader i volymproduktion efter halva omloppstiden. Arbetet har utförts med medel från Hildur och Sven Wingquists forskningsfond.

Svalöv, februari 2018

Mateusz Liziniewicz

# Innehåll

Abstract.....	2
Förord .....	3
Sammanfattning.....	5
Bakgrund .....	6
Syfte .....	6
Material och metoder .....	6
Försök 1096 (S21S8821096).....	7
Försök 1102 (S21S8821102).....	8
Mätarsorterna.....	8
Mätning .....	9
Beräkningar .....	9
Resultat .....	10
Allmänna resultat.....	10
Skillnader över tiden .....	10
Volymproduktion .....	11
Diskussion .....	12
Slutsatser .....	13
Referenser.....	14

## Sammanfattning

Tidiga höjdmätningar brukar ofta användas som urvalskriterium för genotyper i olika förädlingsprogram där målet är att få en högre volymproduktion över tid.

Syftet med den här studien var att jämföra tidiga höjdskillnader med senare skillnader i arealproduktion mellan förädlad material och plantor från beståndsfrö. Studiens två försök etablerades år 1988 i Remningstorp och har gallrats två gånger.

Resultaten visar att det förädlade materialet var 22,3 procent högre vid mätning efter sex år och att volymproduktionen vid 30 års ålder var 21,5 procent högre. Detta visar att produktionskillnaden mellan materialen vid halva omloppstiden ligger på ungefär samma procentuella nivå som den från de tidiga höjdmätningarna.

En tidig mätning av höjd och diameter verkar alltså ge en bra indikation av en potentiell relativ framtida vinst i arealproduktion.

## Bakgrund

Rotationstiden för en förädlingspopulation för gran i Sverige är 20–25 år. Den börjar med ett fenotypiskt urval av 50 så kallade plus-träd i varje förädlingspopulation. De utvalda träden korsas med varandra i ett mönster där varje träd används två gånger, antingen som mamma eller som pappa (double pair mating), vilket resulterar i 50 nya familjer. I nästa steg väljs 40 plantor från varje korsningsfamilj, alltså totalt 2000 nya genotyper. De odlas i plantskolan för att producera sticklingris som ger exakta kopior av de nya genotyperna. Från varje fröplanta odlas ca 16 rameter (kopior). Totalt blir det ca 32 000 plantor som planteras i fyra fältförsök. Försöken etableras på försökslokaler med varierande klimat för att studera hur klimatet påverkar tillväxt och fenologi.

Sex år efter planteringen sker den första utvärderingen, som bland annat baseras på höjdmätning och överlevnad. En andra revision sker vid 12–15 års ålder, då diameter och för vissa försök också höjd mäts. Vid detta tillfälle mäts också andra egenskaper, som till exempel kvalitet och densitet. Eventuella skador och sjukdomar registreras också. Statistiska modeller används för att beräkna avelsvärden för varje genotyp. Avelsvärdena visar hur olika genotyper presterar i förhållande till varandra och eventuella jämförelsesorter. Efter den andra utvärderingen väljs den bästa genotypen (klonen) för varje familj. Den används som förälder i korsningar till nästa förädlingsgeneration.

Denna metod för att skatta den genetiska vinsten har diskuterats, eftersom den inte direkt kan översättas till vinst för arealproduktion över omloppstiden mätt i m<sup>3</sup>/ha. För gran i Sverige finns bara några få undersökningar som följer volymutvecklingen i genetiska försök över längre tid. En studie i norra Sverige visade att det finns stark korrelation mellan tidiga skillnader i höjd mellan förädlad och oförädlad material och skillnader i volymproduktion i 50–60 års ålder (Westin & Sonesson 2005).

Det är mycket angeläget att öka kunskapen om betydelsen av tidiga genetiska skillnader för vinst i volymproduktionen över tid.

## Syfte

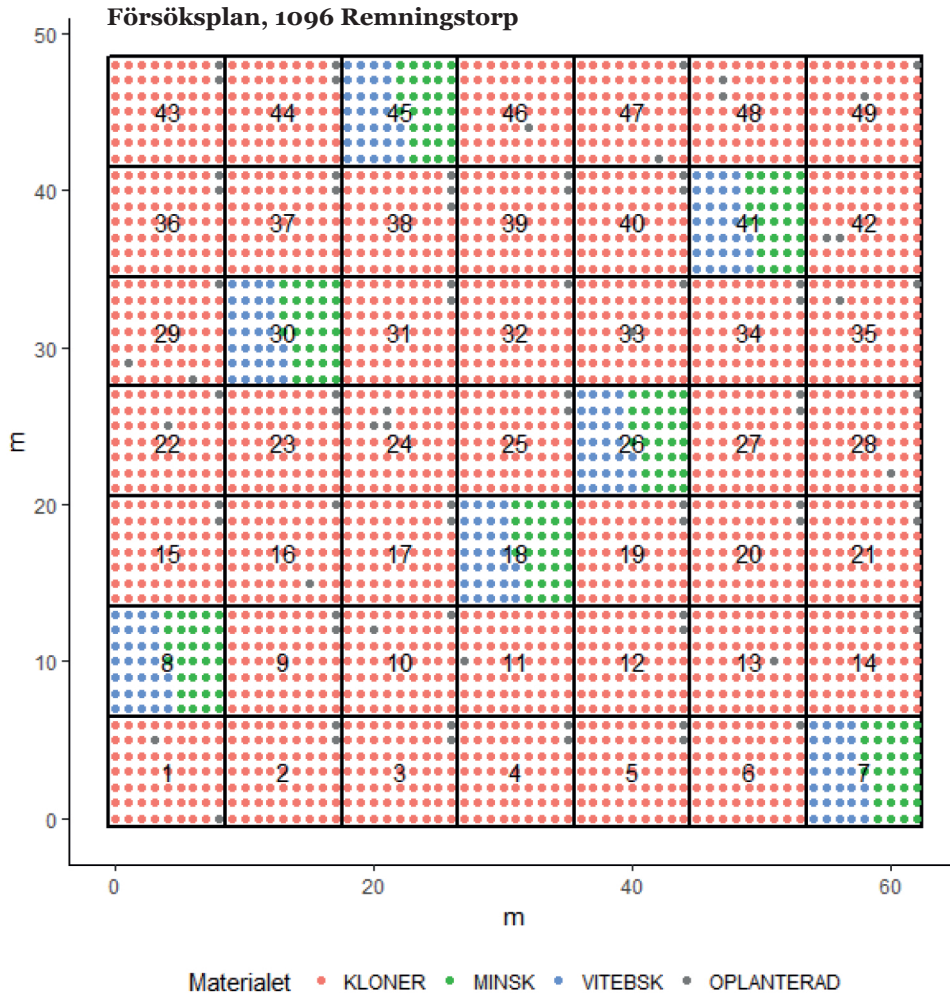
Syftet med projektet var att utvärdera skillnaden i tillväxtegenskaper mellan utvalda kloner och oförädlade fröplantor planterade i två försök i Remningstorp.

## Material och metoder

I studien analyserades två försök, S21S8821096 och S21S8821102, som fortsättningsvis benämns 1096 och 1102. Här planterades år 1988 treåriga täckrotsplantor i 1,4 x 1,4 meters förband. Försöken etablerades enligt romersk kvadratdesign (Olsson 2011). Beräknat ståndortsindex vid 30 års ålder är 35,9 m (Johansson, m.fl. 2013).

## FÖRSÖK 1096

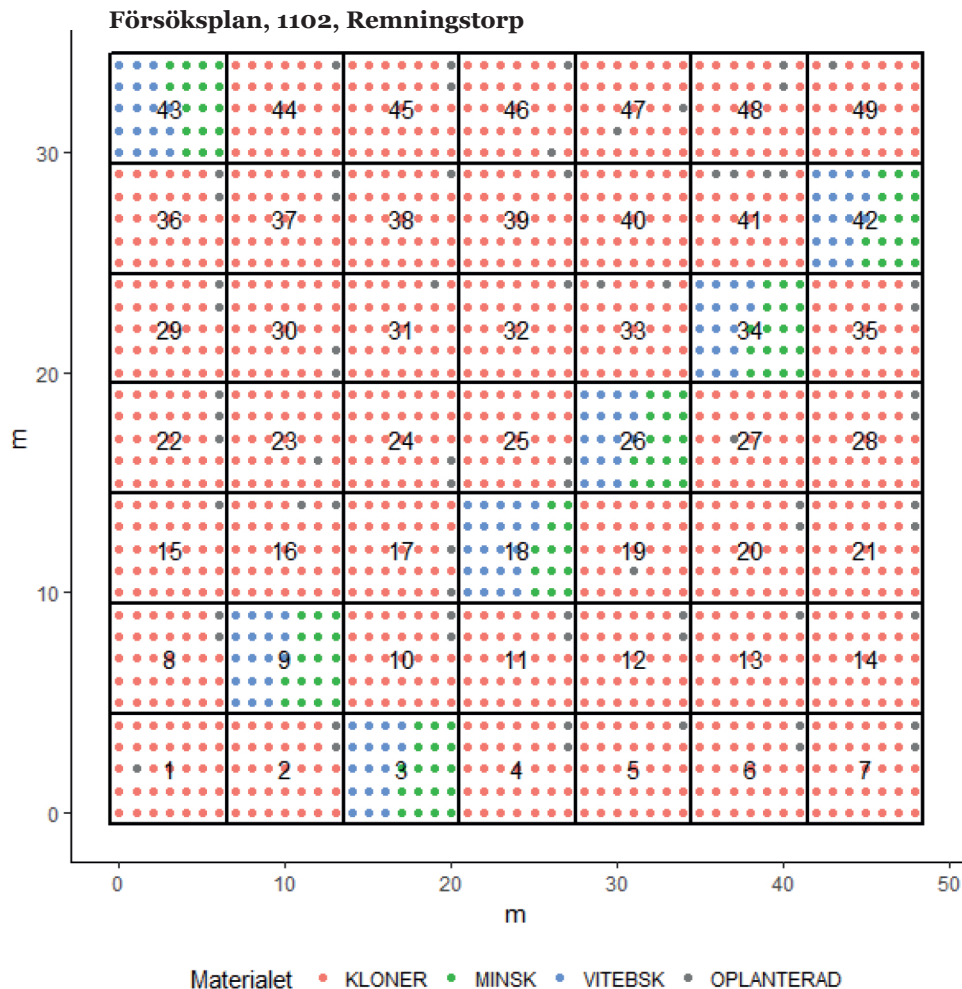
Försöket innehåller 362 sticklingsförökade kloner, där 211 kloner (1427 plantor) kommer från 101 helsyskonfamiljer (kontrollerade korsningar mellan utvalda träd) och 151 kloner (1055 plantor) från 84 halvsyskonfamiljer (fri avblomning från kända föräldrar) och 441 plantor från två vitryska oförädlade provenienser, Minsk och Vitebsk (Figur 1).



Figur 1. Plan över parcellerna i försök 1096. Observera att parcellerna med mätarsorter är delade.

## FÖRSÖK 1102

Försöket innehåller 200 sticklingsförökade kloner (1396 plantor) som kommer från 14 halvsyskonfamiljer (fri avblomning från kända föräldrar) och 441 plantor från två vitryska oförädlade provenienser, Minsk och Vitebsk (Figur 2).



Figur 2. Plan över parcellerna i försök 1096. Observera att parcellerna med mätarsorter är delade.

## MÄTARSORTERNA

De oförädlade, vitryska provenienserna förväntas växa ca åtta procent bättre än de oförädlade inhemska provenienserna. Dessa provenienser användes ofta i praktiskt skogsbruk när försöken anlades och nyttjas därför också som jämförelsematerial i genetiska försök.

Efter plantering gallrades varje bestånd två gånger, men varken tidpunkt eller utgallrad volym registrerades.



## MÄTNING

Försöken har tidigare mätts vid ett, respektive två tillfällen. I försök 1096 mättes höjden sex år efter plantering. I försök 1102 mättes höjden sex år efter plantering och diametern 14 år efter plantering. Mätningarna omfattade alla träd i försöken.

Vintern 2017 utfördes en ny mätning, då kvarstående träd klavades i brösthöjd (1,3 m, DBH) och höjden (H) mättes på slumpmässigt utvalda träd. Detta gjordes för att uppskatta höjden på träd där bara diameter uppmätts. Stubbdiameter (STUB) av stående och utgallrade träd mättes för att återskapa storleken på utgallrade träd. Gallringstillfälle (första- eller andragallring) bedömdes för varje stubbe, baserat på en subjektiv granskning av stubbens utseende.

Tabell 1.

Antal träd som mättes i försök 1096 och 1102 för kloner och mätarsorter (mätarsorter inom parentes).

Försök	1096			1102		
	6	14	30	6	14	30
Höjd	2018 (388)	x	19 (18)	1173 (234)	x	24 (15)
Diameter	x	x	589 (122)	x	1163 (230)	310 (60)
Stubbdiameter	x	x	2066 (368)	x	x	1173 (227)

## BERÄKNINGAR

I analysen användes parcellmedelvärde av de uppmätta egenskaperna vid olika tidpunkter. De relativa skillnaderna (RS) mellan förädlat och oförädlat material beräknades enligt formel:

$$RS = \frac{(X_{\text{förädlat}} - X_{\text{oförädlat}})}{X_{\text{oförädlat}}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

där X står för uppmätt egenskap.

Näslunds (1936) formel användes för att beräkna koefficienter (a och b) av höjddiameterfunktion.

$$H = \frac{D^3}{(a+b \cdot D^3)} + 1,3 \quad (2)$$

Koefficienterna användes för att estimerar höjd för alla träd. Volymberäkning av enskilt träd gjordes utifrån diameter och estimerad höjd (Brandel 1990). Volymproduktionen per hektar beräknades som summan av volymen på samtliga träd.

För att beräkna koefficienter av DBH-STUB-funktion användes linjär modell:

$$DBH_i = \mu + STUB_i + \varepsilon \quad (3)$$

Koefficienterna användes för uppskattning av DBH av utgallrade träd.

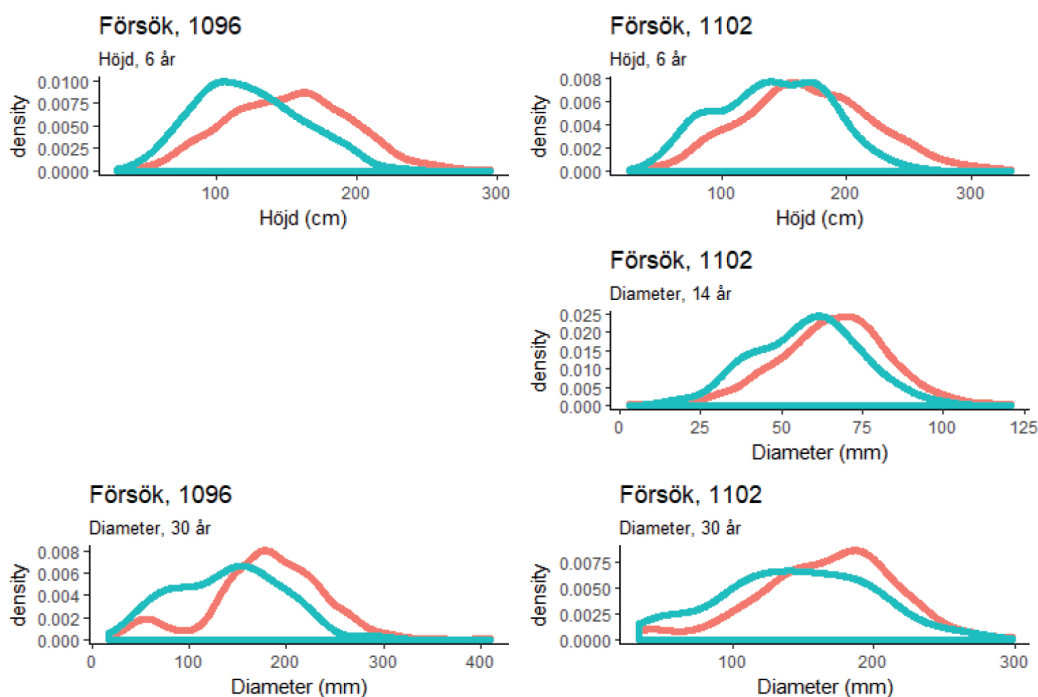
Gallringstidpunkter återskapades med hjälp av HEUREKA:s planeringssystem (SLU) – StandWise program för simulering av utvalda förädlade och oförädlade ytor i försök 1102. Diametermätningen efter 14 år i försök 1102 var en utgångspunkt för simuleringar som validerades med diameter och volymmätning i 30-årsåldern.

# Resultat

## ALLMÄNNA RESULTAT

De förädlade träden hade en högre medelhöjd (1,5 m i 1096 respektive 1,7 m i 1102) vid sex års ålder i båda försöken. Det fanns en större andel träd i högre höjdklasser i det förädlade materialet, vilket gjorde att frekvenskurvan skiftades till höger (Figur 3). Motsvarande värde för oförädlad material var 1,2 respektive 1,4 m.

Vid varje tidpunkt hade det förädlade materialet fler träd i grövre diameterklasser än det oförädlade materialet. Medeldiametern för det förädlade materialet i 30-årsåldern var 18,0 cm i försök 1096 och 16,7 cm i 1102.



Figur 3. Fördelning av olika egenskaper av förädlad (röd linje) och oförädlad (blå linje) material i försök 1096 och 1102.

## SKILLNADER ÖVER TIDEN

Medelhöjden vid sex års ålder var mellan 21,4 och 23,2 procent högre för förädlad gran jämfört med oförädlade mätarsorter i de två försöken. Dessa tidiga skillnader bestod även i senare mätning i båda försöken. Vid 30 års ålder, efter två gallringar, var de förädlade träden högre och grövre än de oförädlade. Skillnader i stående volym per hektar vid 30 års ålder var 15,9 och 27,2 procent i försök 1096 respektive 1102, trots att det fanns det fler träd kvar i de oförädlade ytorna efter gallring.

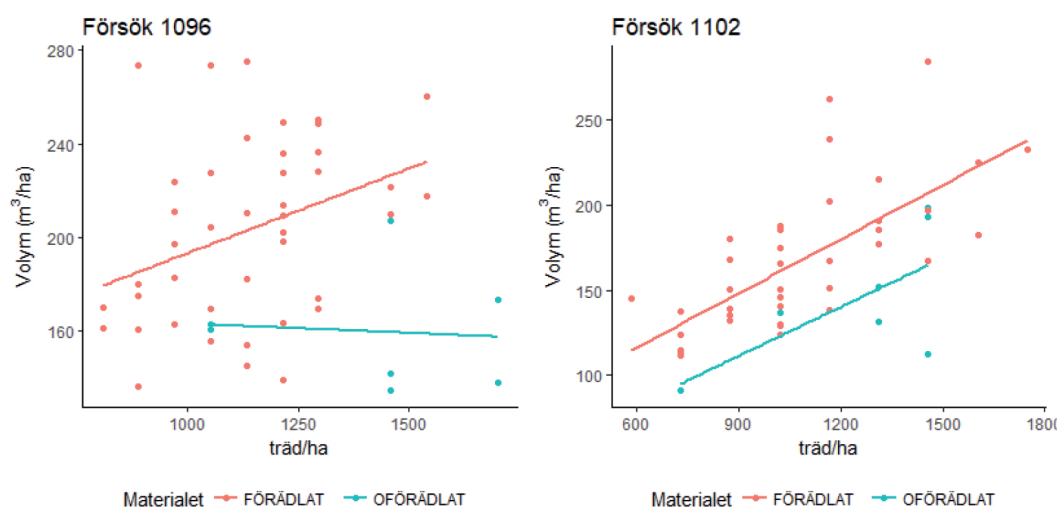
Tabell 2. Egenskapernas medelvärden för förädlad och oförädlad material, samt deras relativa skillnader.

Material/ Egenskap	10%					1102					
	H6 (m)	H30 (m)	D30 (cm)	N/HA30 (n)	V/HA30 m <sup>3</sup> /ha	H6 (m)	D14 (cm)	H30 (m)	D30 (cm)	N/HA30 (n)	V/HA30 m <sup>3</sup> /ha
FÖRÄDLAT	1.5	17.1	18.0	1140	203.0	1.7	6.6	17.1	16.7	1090	168.1
OFÖRÄDLAT	1.2	16.0	14.0	1400	159.6	1.4	5.8	15.3	14.4	1250	145.1
RS (%)*	23.2	6.7	28.7	-19.5	27.2	21.4	13.8	11.8	16.0	-12.8	15.9

\* - de relativa skillnaderna räknades enligt följande formel: (FÖRÄDLAT-OFÖRÄDLAT)/OFÖRÄDLAT, H – höjd, D – diameter, N/HA – antal träd per hektar, V/HA – volym per hektar

## VOLYMPRODUKTION

Volymen på parcellnivå efter 30 år korrelerade väl med antal träd per hektar (Figur 4). Vid jämförelser av parceller med samma stamantal per hektar var volymproduktionen generellt högre i de förädlade ytorna än i de oförädlade.



Figur 4. Parcellmedelvärden för volym efter 30 år för förädlad och oförädlad material plottat mot stamantal per hektar.

De uppskattade diametrarna av utgallrade träd i de två försöken var i medeltal större för det förädlade materialet i både första- och andragallringen. I försök 1096 har de relativa skillnaderna av utgallrade träd mellan förädlad och oförädlad ökat med tiden, medan de i 1102 höll sig på ungefär samma nivå (Tabell 3). Modellen (3) överskattade diametern av oförädlad material vid 30 års ålder till att vara något större än i verkligheten (Tabell 2 och Tabell 3).

Tabell 3. Skattad diameter av utgallrade och kvarstående träd enligt modell 3.

Försök/Ålder		1096			1102		
		F (mm)	OF (mm)	RS (%)	F (mm)	OF (mm)	RS (%)
G1	14-19	96.3	90.0	7.0	96.4	89.6	7.6
G2	24-29	139.7	125.6	11.2	123.6	118.5	4.3
KV	30	178.1	149.2	19.4	165.6	152.5	8.6
D30	30	180.0	140.0	28.7	167.0	144.0	16.0

F – förädlad, OF – oförädlad, RS – relativa skillnader enligt formel (1), G1 – första gallring, G2 – andra gallring, KV – kvarstående träd, D30 – mätt medeldiameter vid 30 års ålder.

Enligt simuleringar gallrades försöken första gången runt 18–21 års ålder och för andra gången vid 26–29 år. Det motsvarar ungefär de åldrar när försöken gallrades i verkligheten. Förstagallringen var något hårdare med ca 40 procent uttag (beroende på det höga initiala stamantalet på 5100/ha) medan den andra gallringen låg på 35 procent av grundytan. I förstagallringen simulerades ett uttag på 24,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> för de förädlade ytorna och 20,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> för de oförädlade ytorna och i den andra gallringen simulerades ett uttag på 71,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> respektive 66,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

## Diskussion

Studiens resultat stödjer hypotesen att tidiga relativa skillnader i höjd är en bra prognos för relativa skillnader i arealproduktionen efter halva omloppstiden. En tidig vinst i höjd uppskattades i medeltal för de båda försöken till 22,3 procent medan vinsten i volymproduktion per hektar var 21,7 procent. Skillnaderna i höjd och diameter i 30-årsåldern låg som medeltal på 9,3 respektive 22,3 procent.

Studiens material var relativt begränsat, men är i linje med resultaten från en större studie i Syd- och Mellansverige, där tio ogallrade genetiska försök analyserades med avseende på uthållighet av tidiga skillnader i höjd fram till förstagallring (Liziniewicz, m.fl. 2018). I den studien var medeltalet för tidiga skillnader i höjd 17,7 procent och skillnader i arealproduktion vid första gallring 27,5 procent.

Det faktum att båda försöken i denna studie var gallrade kan ha påverkat utvecklingen av försöksytorna. Antal träd efter gallring skilde sig med 16,1 procent och det fanns mer träd i de oförädlade ytorna. Färre träd per hektar minskar konkurrensen i beståndet och ökar diametertillväxten av enskilda träd (Liziniewicz 2014, Walentin 2007). I vår studie var medeldiametern större i förädlade parceller med lägre stamantal. I en stor gallringsstudie av gran i Sverige (Nilsson, m.fl. 2010) visade det sig dock att gallringsstyrkan hade liten effekt på medeldiametern och stående grundyta om inte hård gallring upprepas. Skillnaden i medeldiameter vid sista mätningen (ålder) mellan olika gallringsstyrka i låg-gallrade bestånd var bara 1,5 cm i medeltal. Försöken i Remningstorp hade ett varierande antal träd per hektar för båda materialtyper. Det framgår tydligt att de förädlade ytorna hade större stående volym vid samma stamantal per hektar. Detta är en bra indikation på att genetiken har påverkat arealproduktionen i försöken.

Det fanns skillnader i planttyp mellan förädlade och oförädlade parceller. De förädlade klonerna var sticklingsförökade medan de oförädlade ytorna planterades med fröplantor. Det finns inte något samstämmigt resultat från de två svenska studier som publicerats



(Gemmel, m.fl. 1991, Hannerz & Wilhelmsson 1998). Globala studier visar att planttypen inte påverkar höjd eller diametertillväxt på lång sikt (Foster, m.fl. 1987, Frampton, m.fl. 2000, Gaspar, m.fl. 2005, Stelzer, m.fl. 1998). Därför kan man anta att planttypen inte haft någon väsentlig påverkan på skillnader för analyserade egenskaper i denna studie.

## **Slutsatser**

En tidig mätning av höjd och diameter ger en bra indikation av en potentiell relativ framtida vinst i arealproduktion. För att verifiera denna och liknande resultat bör speciella försök anläggas för uppskattning av realiserade genetiska vinster.

## Referenser

- Foster, G.S., Lambeth, C.C. & Greenwood, M.S. 1987. Growth of loblolly pine rooted cuttings compared with seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 17 (2), 157-164.
- Frampton, J., Li, B. & Goldfarb, B. 2000. Early Field Growth of Loblolly Pine Rooted Cuttings and Seedlings. *Southern Journal of Applied Forestry*, 24 (2), 98-105.
- Gaspar, M.J., Borralho, N. & Gomes, A.L. 2005. Comparison between field performance of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus*. *Annals of Forestry Science*, 62 (8), 837-841.
- Gemmel, P., Örländer, G. & Högberg, K. 1991. Norway spruce cuttings perform better than seedlings of the same genetic origin. *Silvae Genetica*, 40, 198-202.
- Hannerz, M. & Wilhelmsson, L. 1998. Field performance during 14 years' growth of *Picea abies* cuttings and seedlings propagated in containers of varying size. *Forestry*, 71 (4), 373-380.
- Johansson, U., Ekö, P.M., Elfving, B., Johansson, T. & Nilsson, U. 2013. Nya höjdtvecklingskurvor för bonitering. [New site index curves]. *Fakta Skog*, 14, 6.
- Liziniewicz, M. 2014. Influence of spacing and thinning on wood properties in conifer plantations. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences: Alarp, 1-61 p.
- Liziniewicz, M., Berlin, M. & Karlsson, B. 2018. Early assessments are reliable indicators for future volume production in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) genetic field trials. *Forest Ecology and Management*, 411, 75-81.
- Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P.-M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U. m.fl. 2010. Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden.
- Olsson, U. 2011. *Statistics for life sciences 1. Studentlitteratur: Lund*, 350 p.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. m.fl. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. [Genetic gain in the current and future seed-orchards and clone-mixtures]. Skogforsk (The Forestry Research Institute of Sweden): Uppsala, 41 p.
- Stelzer, H.E., Foster, G.S., Shaw, V. & McRae, J.B. 1998. Ten-year growth comparison between rooted cuttings and seedlings of loblolly pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 28 (1), 69-73.
- Walentin, C. 2007. Thinning of Norway Spruce. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences: Alarp, 1-116 p.
- Westin, J. & Sonesson, J. 2005. Unik studie visar på stor potential för förädling av gran. [The unique study show the potential of breed Norway spruce]. Skogforsk (The Forestry Research Institute of Sweden). Uppsala. Rapport nr 20, p. 4.