

Mellansvenska klonskogsbruksprojektet – slutrapport

Johan Sonesson & Mats Hannerz



Ämnesord: Gran, stickling, skogsodlingsmaterial, genetisk vinst

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Genomförande	5
Material.....	5
Testning.....	6
Försöksrevisioner.....	7
Resultat	8
Vinster vid urval till vegetativ förökning.....	9
Effekter av plantskoleurval.....	11
Sticklingar – Fröplantor	12
Dagsläge sticklingproduktion	13
Fortsättningen – bulksticklingar?.....	14
Urval till fröplantager	14
Betydelse för förädlingsprogrammet.....	15
Ekonomi.....	15
Angränsande projekt.....	16
Måluppfyllelse	17
Publikationer som projektet bidragit till	18
Referenser.....	19

Sammanfattning

Mellansvenska klonskogsbruksprojektet startade 1989 och har drivits till och med 2001 av SkogForsk med Stora Enso, Korsnäs, Sveaskog och Holmen som intressenter. Projektets syften var att 1. identifiera kloner med hög stamvedsproduktion, odlings säkerhet samt oförändrade eller förbättrade kvalitetsegenskaper, 2. skapa en förökningsbas för produktion av 9 miljoner sticklingar per år efter 2000 och 3. vinna kunskap om testade kloner och familjer för användning inom den långsiktiga förädlingen.

Projektet har testat 4 954 kloner i 24 fältförsök i granfrözonerna 5 och 6. Klonerna är valda i plantskoleförsök ur hel- och halvsyskonfamiljer av svenska plusträd samt ur vitryska provenienser. I dag finns 4 143 kloner som uppfyller lagens krav på fälttestning. Den genomsnittliga överlevnaden i försöken var 80 % för sticklingar och 77 % för fröplantor. Medelhöjden vid revision efter sex år i fält var 148 cm. Ett urval av de 10 % bästa klonerna ger en genetisk vinst på 19,5 % jämfört med medelklonen som i sin tur har en högre tillväxt än de mätarsorter av fröplantor som använts i försöken. Summaeffekten av urvalen och planttypseffekten är att de 10 % bästa klonerna har en höjdtillväxt som är 48 % högre än fröplantor av lokal proveniens och 39 % högre än fröplantor av bruksproveniensen.

Projektets målsättningar har uppfyllts såväl vad gäller antal godkända kloner, genetiska vinster och kostnader. Massförökningen i intressenternas plantskolor har dock ej fått den omfattning som projektet dimensionerats för. Endast Stora Enso har producerat klonblandningar i någon skala, ca 300 000 sticklingar per år. Produktionen av bulksticklingar är dock ökande.

Projektets kloner kommer framför allt att komma till nytta på andra sätt än genom vegetativ förökning. De bästa klonerna krukas in och placeras i växthusplantagen i Nässja för att producera högkvalitativt frö som skall användas för att ge moderplantor till bulksticklingsproduktion. Nya konventionella fröplantager med de bästa klonerna planeras för zonerna 5 och 6. De bästa klonerna kommer även att korsas vidare i SkogForsks långsiktiga förädlingsprogram, där de ger ett tillskott på ca 5,4 % genetisk vinst i urvalet till den första generationen.

Bakgrund

I början av 1989 tillsattes en utredning om möjligheterna att starta ett mellansvenskt klonskogsbruksprojekt. Utredningsgruppen bestod av representanter för Stora, Korsnäs, Domänverket, Skogsstyrelsen och Institutet för skogsförbättring. Förebilderna var de två då verksamma projekten som drevs av Domänverket/Skogsstyrelsen och av Hilleshög AB, båda med huvudsaklig inriktning att testa kloner för användning i Götaland. Mellansvenska klonskogsbruksprojektet startade formellt den 2 november 1989 av intressenterna Stora, Korsnäs, Domänverket och MoDo.

Projektets syfte var ”dels att introducera ett material med snabbväxande och hårdiga kloner för ett mellansvenskt klonskogsbruksprogram, dels att vinna kunskap om de genetiska vinster som urval enligt olika kriterier kan leda till.” Förädlingsmålen var att identifiera kloner med hög volymproduktion, hög veddensitet, hög odlings säkerhet med avseende på vår- och höstfroster, samt oförändrade kvalitetsegenskaper såsom grengrovlek, rakhet och stamsprickor. Klonerna skulle testas i och väljas för odling i granzonerna 5 och 6. Den genetiska vinsten vid ett urval av 10–20 % av de testade klonerna förväntades bli 20–30 % i volymproduktion jämfört med ortens proveniens.

Intressenterna fick ange den mängd sticklingar de ansåg sig komma att ha behov av och intressentandelarna i projektet fördelades efter detta (tabell 1). För att kunna uppnå den volym om 9 miljoner sticklingar per år, som var det samlade önskemålet, med ett urval av 10–20 % av de testade klonerna, beräknades att ca 5 000 kloner behövde testas i fält.

Tabell 1.
Uppskattade behov av sticklingar samt andelsfördelning i projektet.

Intressent	Miljoner sticklingar/ år	Andel i projektet, %
Stora (Stora Enso)	5	55,5
Korsnäs	2	22,2
Domänverket (AssiDomän)	1	11,1
MoDo (Holmen)	1	11,1

Det beslutades att intressentföretagen gemensamt skulle äga rätten till sticklingförökning av klonerna medan Institutet för skogsförbättring skulle äga rätten till förädling och generativ förökning. Efter den första avtalsperioden (1990–1995) samt en övergångsperiod på ett år (1996) tecknades ett nytt avtal för fem år (1997–2001). I detta avtal skrevs rätten till generativ massförökning över till intressentföretagen.

År 1992 avtalades att det då nybildade SkogForsk betalar 15 % av lönekostnaderna för arbeten inom projektet utförda av SkogForsks personal. Detta skulle vara en kompensation för det värde som representerades av det nya förädlingsmaterial som projektet genererar. Denna andel av projektfinansieringen har sedan SkogForsk fortsatt att betala under resterande avtalsperioder.

Vidare beslutades att materialet i projektet skulle samlas i en korttidshäck som skulle tjäna som uppförökningsbas för de enskild intressenterna. Denna förla-

des till Rölundafältet vid Lugnets plantskola. Institutet för skogsförbättring fick i uppdrag att anlägga, sköta och utvärdera klontesterna.

Projektets kostnader för klontestning, urval och administration fram till 2006 beräknades till 19 miljoner kr i 1989 års penningvärde. Detta inkluderade ej kostnader för uppförökning av kloner för sticklingproduktion och ej heller eventuella kostnader för metodutveckling.

Projektet har hela tiden följts av en styrgrupp med representanter för intressentföretagen. Styrgruppen har tagit beslut om förändringar i projektet samt fastställt och följt upp den årliga budgeten.

Vid projektets start utsågs Mats Hannerz vid Institutet för skogsförbättring till projektledare och till styrgrupp utsågs Ulf Klensmeden (Stora), Gunnar Johansson (Korsnäs), Bo Nilsson (Domänverket) och Ragnar Fredholm (MoDo).

Under projekttiden har Johan Sonesson ersatt Mats Hannerz som projektledare vid SkogForsk. Gunnar Johansson har ersatts av Anders Lindgren, Bo Nilsson av Leif Lyckeback och Ulf Klensmeden i tur och ordning av Mats Brindbergs, Ragnar Friberg, Anna Norén och Kristin Haga. Tre av intressentföretagen har bytt namn under projekttiden. Institutet för Skogsförbättring har uppgått i SkogForsk.

Genomförande

Material

I den ursprungliga projektplanen fanns fastslaget att urval av kloner för fälttestning skulle göras i två olika material som redan fanns uppsådda. I plantskolan i Brunsberg fanns 3700 plantor från 179 helsyskonfamiljer med 61 olika plusträd som föräldrar. Dessa var sådda våren 1986. Vid Nässja plantskola fanns ett material utplanterat på friland som bestod av 151 halvsyskonfamiljer insamlade efter fri avblomning i mellansvenska fröplantager. Totalt var det 84 000 plantor som var sådda våren 1988. Dessa två materialkategorier benämnes **helsyskon-** respektive **halvsyskonkloner** i fortsättningen av denna rapport.

I planen pekades även på möjligheten att överta material från det sydsvenska klonskogsbruksprojektet. Det beslutades att mellansvenska projektet skulle överta Domänverkets kloner (396 stycken) i två serier klontester som anlagts i zonerna 5 och 6 under våren 1990. Dessa var valda i vitryska provenienser i plantskolan år 1987. De benämnes i fortsättningen **87 års kloner omgång 1 (87:1)**. Ur samma årgång proveniensplantor gjordes senare ytterligare ett urval om 1 400 kloner som förökades och planterades ut i klontest under våren 1995. Dessa benämnes **87 års kloner omgång 2 (87:2)**.

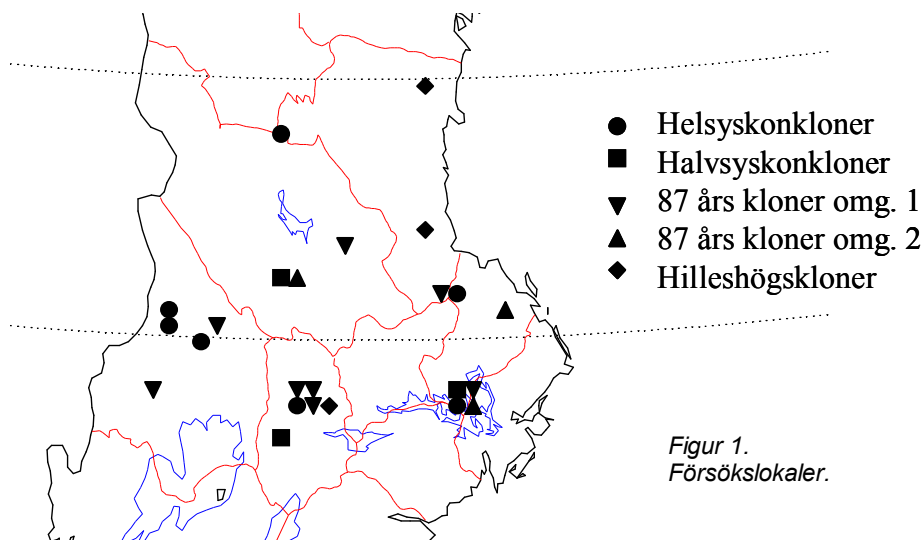
Under 1993 övertog projektet 240 kloner från Hillehögs klonskogsbruksprojekt. Sticklingris klipptes hos Hillehö i Falkenberg innan häckarna avvecklades, riset stacks av Stora och AssiDomän. En serie klontester med de aktuella klonerna reviderades för att möjliggöra urval till massförökning. Dessa kloner var valda ur helsyskonfamiljer med plusträden i fröplantagen 26 Jung som föräldrar. Dessa kloner benämnes **Hillehögskloner (HH88)**.

Testning

Samtliga 4 954 kloner som fälttestats inom projektet har genomgått ett tidigt urvalssteg i plantskola vid 2–4 års ålder. Urvalet har huvudsakligen varit baserat på skottskjutnings- och invintringstidpunkt, men även på tidig tillväxt (Hannerz, 1991, Hannerz, 1992). För zon 6 har senskjutande kloner valts medan invintringstidpunkten varit av underordnad betydelse. För zon 5 har valts kloner med måttligt sen invintring, medan tidpunkten för skottskjutning fått mindre tyngd. Alla kloner har dock testats på försökslokaler i båda zonerna och/eller på lokaler i gränstrakten mellan zonerna.

För att studera effekten av det tidiga plantskoleurvalet valdes kloner även slumpmässigt inom familjerna i hel- respektive halvsyskonmaterialen. Dessa kloner lades ut i fälttester tillsammans med de utvalda klonerna (**halvsyskon**) eller i en separat försöksserie (**helsyskon**).

Totalt anlades 23 klontester under 1990–1996. Två av dessa har lagts ned p.g.a. låg överlevnad. Övriga 21 försök samt de tre försök som övertogs från Hilleshög AB finns sammanställda i tabell 2. För samtliga materialkategorier anpassades testningen till de lagkrav som gäller för klontestning på nivå S1, d.v.s. sex års fälttestning med totalt minst 8 levande rameter av klonen med minst tre rameter på var och en av minst två lokaler. För att en stor del av klonerna skulle uppnå dessa krav planterades varje klon ut i minst tre försök med 4–6 rameter i varje. I några fall (**helsyskon**- och **halvsyskonkloner**) har kompletterande försök anlagts några år senare för att kompensera för låg överlevnad i tidigare försök. De två första försöksserierna (**87:1** och **helsyskon**) följdes upp med ytterligare försöksserier anlagda tre år efter den första serien. Avsikten var att få kloner som uppfyller lagens krav på testning på nivå S2.



Figur 1.
Försökslokaler.

Tabell 2.
Försöksbeskrivning.

Material	Nr	Plats	Anlagt ¹	Reviderat hösten	Antal plantor ²	Antal kloner
Helsyskon	211	Lugnet	1991h	1997	2 254	456
	212	Eriksfall	1991h	1997	4 578	900
	213	Morskoga	1991h	1997	4 085	807
	214	Noppikoski	1992v	1997	2 339	464
	224	Eriksfall	1992h	1998	1 177	296
	240	Hade	1994v	1999	2 710	682
	241	Rådahöjden	1994v	1999	2 765	683
Halvsyskon	237	Lugnet	1994v	1999	11 789	2270
	239	Grangärde	1994v	1999	4 050	813
	267	Latorp	1996v	2001	12 712	2140
87:1³	1 151	Salungen	1990v	1998	1 498	252
	1 152	Dunderbo	1990v	1998	1 455	253
	1 154	Nybo	1990v	1995	856	143
	1 155	Uddeholm	1990v	1995	855	143
	1 156	Storbo	1990v	1995	709	144
	226	Ålbrunna	1992h	1998	2 316	380
	227	Morskoga	1992h	1998	2 287	379
	228	Hade	1993v	1998	2 569	373
87:2	253	Ålbrunna	1995v	2000	5 404	981
	254	Gimo	1995v	2000	5 093	963
	255	Grangärde	1995v	2000	4 262	807
HH88	8 804	Jönsarbo	1988v	1994	1 680	240
	8 805	Ockelbo	1988v	1994	1 680	240
	8 806	Furuberg	1988v	1994	1 680	240

¹ h = planterat under hösten, v = under våren.

² Antal sticklingar, fröplantsmätare ej inräknade.

³ Klon- och plantantal avser projektets andel av klonerna.

Försöksrevisioner

I samtliga försök gjordes en överlevnadsinventering efter två år i fält. De flesta försök reviderades åter efter fyra år i fält då höjd och kondition registrerades. Denna tidiga mätning var avsedd för att göra ett preliminärt urval av kloner för att ha möjligheten att tidigt börja föröka upp dessa i intressentföretagens plantskolor. Samtliga försök är reviderade vid sex års ålder då höjd och skador registrerats. Två försök är även mätta vid 9 års ålder för att erhålla kloner godkända på testnivå S2 enligt lagen.

Utvärdering av försöken gjordes genom att genotypvärden för de enskilda klonerna beräknades med BLUP-metodik. Sammanvägda genotypvärden för hela försöksserier har även beräknats. Urval av kloner till massförökning har i huvudsak gjorts med höjd och höjdtillväxt som tyngst vägande egenskaper. Viss vikt har dock lagts vid överlevnad och skador om genetisk variation för dessa egenskaper kunnat påvisas.

Inom SkogForsks förädlingsprogram avser vi att göra en slutrevision av försöken vid 10–15 års ålder för att definitivt välja kloner till förädlingspopulationer i Mellansverige.

Resultat

Den genomsnittliga överlevnaden i försöken var 77 % och medelhöjden efter sex år i fält 148 cm (tabell 3). I samtliga försök har genetiska parametrar skattats. Heritabiliteten (H^2) för överlevnad var i genomsnitt låg (0,03) men i några försök högre, upp till 0,19. Heritabiliteten för totalhöjd efter sex år i fält ($H[6]$) var i genomsnitt 0,18 och för höjdtillväxt de senaste två åren ($HTV[4-6]$) 0,13. Omvänt var den genetiska variationskoefficienten högre för höjdtillväxten än för totalhöjden. Skador i försöken utgjordes framför allt av dubbeltoppar och sprötkvistar vilka ofta har sitt ursprung i frost eller vinterskador. Även direkta frost- och vinterskador har noterats i några försök. I några fall påvisades viss genetisk variation i skadevariabler ($H^2 = 0,05 - 0,10$)

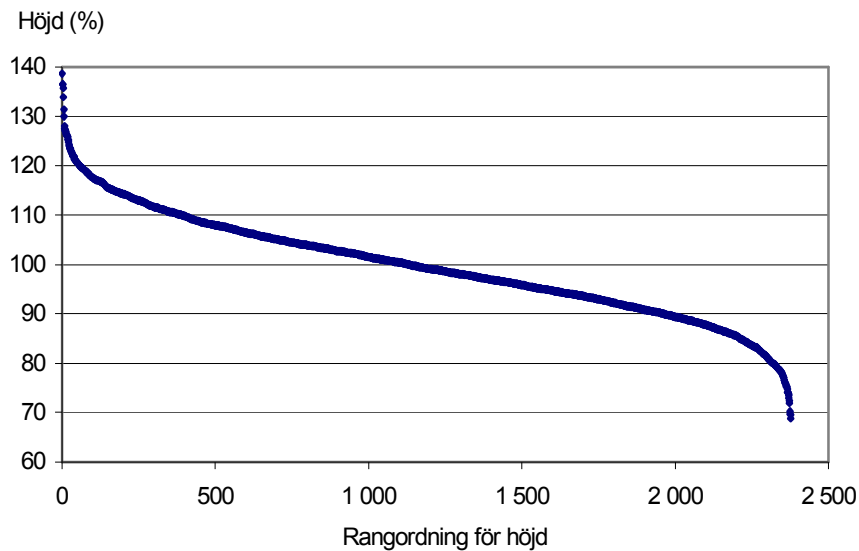
Tabell 3.
Medelvärden och genetiska parametrar för de viktigaste egenskaperna i projektets klontester.

Försök		Överlevnad		H(6)		HTV(4-6)			
Nr	Namn	medel (%)	H^2	Medel (cm)	H^2	$CV_G(\%)$	medel (cm)	H^2	$CV_G(\%)$
211	Lugnet	56	0,19	121	0,23	14,6	62	0,17	15,1
212	Eriksfall	72	0,06	119	0,16	14,5	53	0,12	19,6
213	Morskoga	20	0,05	108	0,17	15,5	55	0,16	21,3
214	Noppikoski	91	0,05	98	0,13	12,5	43	0,10	16,7
224	Eriksfall	88	0,00	158	0,17	12,7	56	0,16	19,0
240	Hade	84	0,06	174	0,26	16,5	78	0,28	22,7
241	Rådahöjden	90	0,03	232	0,33	12,4	111	0,26	13,6
237	Lugnet	78	0,03	156	0,14	13,1	100	0,13	15,7
239	Grangärde	87	0,00	165	0,18	13,0	96	0,14	15,5
267	Latorp	82	0,02	175	0,21	15,1	69	0,12	17,1
1 151	Salungen	88	0,01	167	0,13	10,4	76	0,11	12,5
1 152	Dunderbo	85	0,06	129	0,15	12,8	48	0,10	17,0
1 154	Nybo	90	0,02	125	0,09	11,0	38	0,07	16,7
1 155	Uddeholm	91	0,01	102	0,10	11,3			
1 156	Storbo	82	0,10	132	0,09	13,0			
226	Ålbrunna	49	0,04	132	0,10	12,2			
227	Morskoga	74	0,00	136	0,07	9,9			
228	Hade	60	0,02	104	0,12	11,3			
253	Ålbrunna	99	0,00	169	0,30	11,9	62	0,27	17,6
254	Gimo	77	0,02	110	0,09	10,8	34	0,06	16,3
255	Grangärde	85	0,02	154	0,13	10,7	71	0,10	13,5
8 804	Jönsarbo	98	0,04	208	0,36	13,6	90	0,25	13,8
8 805	Ockelbo	56	0,16	79	0,33	28,3	26	0,24	28,4
8 806	Furuberg	71	0,02	131	0,11	11,3	51	0,10	11,3
	Medelvärde	77	0,03	148	0,18	13,4	62	0,13	15,1

Totalt 4954 kloner lades ut i fältförsök. Av dessa lades 4 794 stycken ut med ett rametantal som uppfyllde lagens krav på testkvantitet. Efter sex år i fält, med de avgångar det innebär, var 4143 kloner godkända enligt lagens krav för användning på nivå S1. En serie med klontest 2 mättes och resulterade i att 196 kloner godkändes för användning på nivå S2.

Vinster vid urval till vegetativ förökning

Vilka genetiska vinster som kan uppnås genom urval i fältförsök är beroende av heritabiliteten (H^2), genetiska variationen (CV_G) och vilken urvalsintensitet man tillämpar d.v.s. hur stor andel av de testade klonerna som väljs ut. Ju lägre andel, desto högre genetiska vinster, vilket innebär att stora vinster kan göras om man väljer ett fåtal kloner ur ett stort material. Den genetiska variationen och möjligheterna till stora vinster med mycket snäva urval åskådliggörs tydligt i figur 2.



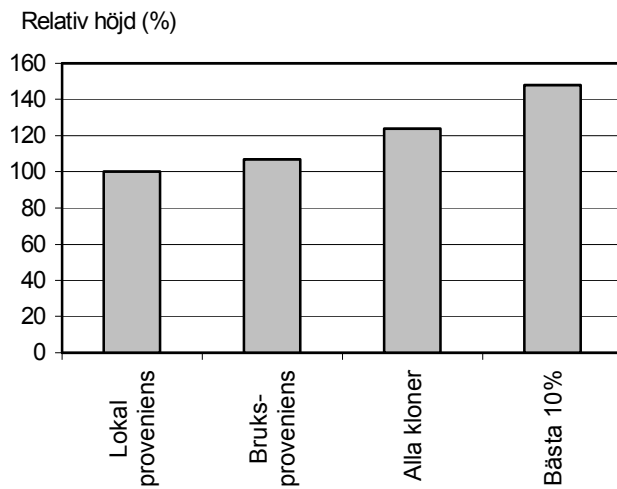
Figur 2.
Exempel på fördelning av genotypvärden. **Halvsyskonmaterialet efter sex år i fält.**

Vid projektets start beräknades utifrån erfarenhet om genetiska parametrar att ett urval av de tio procent bästa klonerna i fältförsöken skulle ge en genetisk vinst i höjdtillväxt på 20 % jämfört med medeltalet för de testade klonerna. Till detta skall sedan läggas den genetiska vinst som erhållits genom tidigare urval. Plusträdsurvalet förväntas normalt ge avkommor med ca 5–10 % högre tillväxt än beståndsmaterial. Det tidiga urval som gjorts i plantskolan kan ytterligare höja den genetiska nivån, men tidigare studier har visat att effekten av tidiga plantskoleurval ej är så stor, endast några få procent (Högberg & Karlsson, 1998). Sammantaget skulle man alltså kunna förvänta sig en genetisk vinst i höjdtillväxt på 25–35 % jämfört med oselekerat beståndsmaterial vid ett urval av de 10 % bästa klonerna.

En sammanställning av de genetiska vinster som uppnåtts genom det urvalsförfarande som skett inom projektet (figur 3) visar att genotypvärdet för höjd efter sex år i fält för samtliga testade kloner är 24 % högre än de fröplantor av lokal proveniens som använts som mätare i försöken. Jämfört med fröplantor av en s.k. bruksproveniens (beståndsfrö med rekommenderad nordförflyttning) har klonerna i genomsnitt 16 % högre höjd. Denna skillnad på 16–24 % mellan fröplantor och sticklingar är högre än de 5–15 % som kunnat förväntas (se resonemang i föregående stycke). En viss del av denna skillnad kan möjligen tillskrivas den s.k. sticklinge effekten (Gemmel et al., 1991) d.v.s. en planttyps-effekt som ej är genetiskt betingad. Möjligheten finns dock att det genetiska

urvalet varit ovanligt effektivt i det testade materialet. Andra resultat som antyder detta är att avkommeprövning av samma plusträd som till stor del är föräldrar till projektets kloner har visat på genetiska vinster i höjd i storleksordningen 11–28 % (Hannerz, 2000). En studie genomförd inom projektet (se figur 4) antyder också att plantskoleurvalet inom projektet varit effektivare än vad som tidigare rapporterats (Högberg och Karlsson, 1998).

Vinsterna ovan samt i figur 3 uttrycks i genotypvärden beräknade med BLUP-teknik. Detta innebär att värdet avser den förväntade tillväxten när klonerna planteras på ståndorter liknande försökslokalerna. Skillnader mellan sorter i aritmetisk medelhöjd i försöken är alltså större än de förväntningsvärden som angivits ovan.



Figur 3. Vinst i höjd vid sex års ålder. Sammanvägda genotypvärden i totalt 24 försök. Lokal proveniens och bruksproveniens är fröplantsmätare av beståndsför.

Ett urval av de tio procent bästa klonerna i fältförsöken ger en genetisk vinst på 19,5 % jämfört med medelklonen (figur 3). Detta stämmer mycket väl med den vinst som skattades med hjälp av erfarenhetstal på genetiska parametrar när projektet inleddes.

Projektets fältförsök visar att summaeffekten av plusträsurval, tidigt klonurval i plantskolan, urval efter fälttestning samt planttypseffekten är att de 10 % bästa klonerna har en förväntad höjdtillväxt som är 48 % högre än fröplantor av lokal proveniens (Figur 3) och 39 % högre än fröplantor av bruksproveniens. Vid skogsodling i praktisk skala över ett stort antal lokaler får man dock sannolikt räkna med att de genetiska vinsterna reduceras något på grund av klon-lokal samspel. Eftersom varje klon testats på relativt många lokaler (3–6 stycken) behöver denna korrektion sannolikt ej vara stor, uppskattningsvis en faktor mellan 0,8 och 1,0.

Effekter av plantskoleurval

I samband med plantskoleurvalet till fälttestning i **halvsyskon** materialet valdes ett antal kloner ut slumpmässigt inom varje familj. Genom att testa de slumpmässigt valda klonerna tillsammans med de selekterade kan man efter revision av fältförsöken uppskatta effekten av selektionen i plantskolan.

Urvalet skedde bland 84 000 plantor tillhörande 151 halvsyskonfamiljer. Plantorna odlades i en f.d. barrotsplantskola i radparceller i tre block. Höjd-tillväxt och tillväxtrytm registrerades under tre säsonger. Efter första säsongen gjordes ett primärt urval av, vid sidan av de slumpmässigt utvalda klonerna, kloner som var 1. senskjutande, 2. höjdförväxande 3. tidigt invintrande och 4. sent invintrande med svenskt ursprung. Detta primära urval utgjordes av ca 13 000 plantor, på vilka mätningar gjordes de påföljande åren. När plantorna var fyra år gamla gjordes ett slutligt urval baserat på avelsvärden som räknats fram med hjälp av information om både familjer och individer.

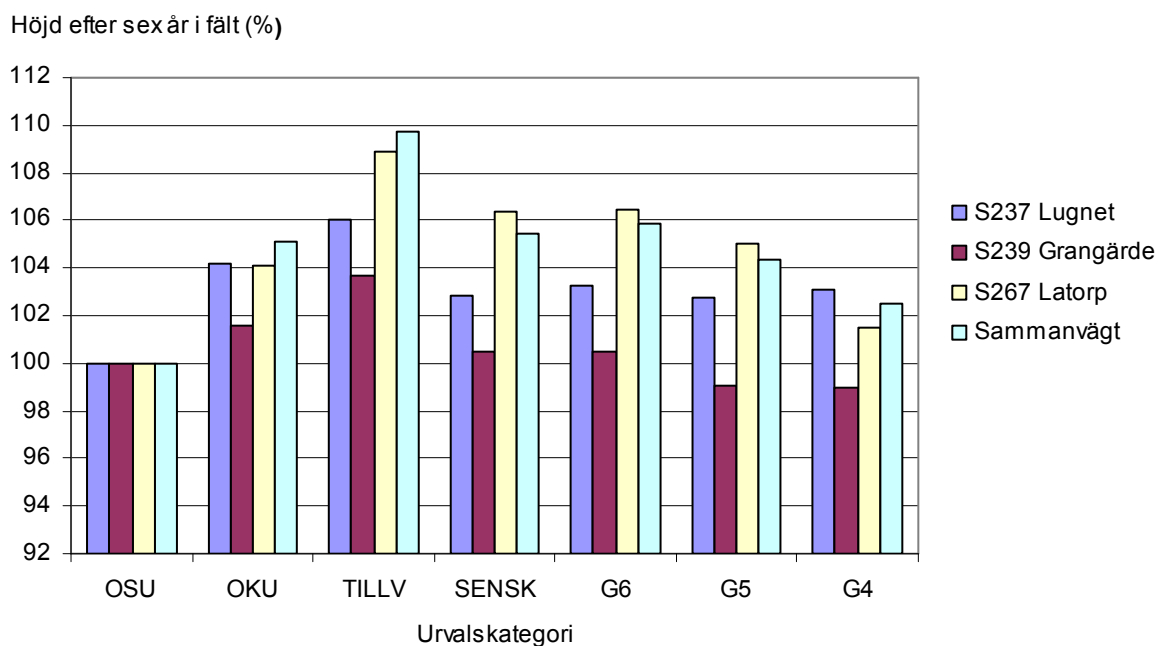
Det slutliga urvalet gjordes i sju kategorier:

OSU	Slumpmässigt valda kloner
OKU	Förväxande och vitala kloner valda okulärt
TILLV	Kloner endast valda för tillväxt – avsedda för milda klimatlägen
SENSK	Kloner avsedda för frostlänta lokaler inom zon 6
G6	Kloner avsedda för normallokaler inom zon 6
G5	Kloner avsedda för normallokaler inom zon 5
G4	Kloner avsedda för normallokaler inom zon 4

För de fyra senare kategorierna sattes gränser för skottskjutning och invintring baserade på kunskap från proveniensforskningen. Inom dessa gränser valdes sedan de med högst avelsvärden för höjdtillväxt.

Klonerna planterades ut på tre lokaler och reviderades efter sex år i fält. Genotypvärden för de enskilda försöken och för de tre försöken sammanvägt visar att ett urval enbart för tillväxt (TILLV) har givit den högsta genetiska vinsten i alla tre försöken. Sammanvägt är vinsten för denna urvalskategori 9,7 % jämfört med OSU-klonerna (figur 4). Urvalskategorier där man dragit gränser för tillväxtrytm har resulterat i lägre genetiska vinster än urval enbart för tillväxt. Ju tidigare gränsen för invintring satts, desto lägre har den genetiska vinsten blivit. Möjligen hade man fått ett annat resultat om man testat klonerna på kärvare lokaler.

De två lokalerna S237 Lugnet och S267 Latorp ligger i områden med mycket gynnsamt lokalklimat och här kunde man förvänta sig att TILLV skulle vara bästa urvalskategori. Men även i S239 Grangärde som är en typisk zon-5 lokal har TILLV resulterat i den högsta genetiska vinsten. Ingen av de tre lokalerna kan bedömas ha stor risk för vårfroster, på en sådan lokal hade möjligen urvalskategorier med sen skottskjutning (SENSK och G6) resulterat i en relativt sett högre vinst. Det okulära urvalet (OKU) har givit en sammanvägd genetisk vinst som är ungefär hälften så stor som för kategorin TILLV.



Figur 4.
Genetiska vinster i fältförsök som resultat av olika urvalsmetoder i plantskolan. Nivån 100 % motsvarar höjden för slumpmässigt valda kloner ur familjerna.

Sticklingar – Fröplantor

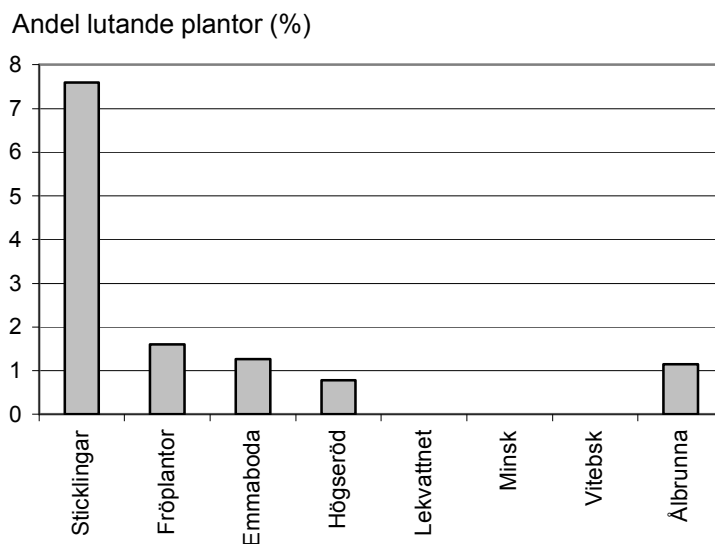
I tidigare försök har det observerats att sticklingar har en högre överlevnad och en snabbare tillväxt än fröplantor med samma genetiska ursprung de första åren efter plantering (Gemmel et al., 1991). Hypotesen att det i huvudsak skulle bero på sticklingarnas större motståndskraft mot snytbaggeangrepp har verifierats i senare studier (Mattsson & Thorsén, 1992, Hannerz et al., 2002). Sticklingar har också visat sig skadas mindre än fröplantor med samma ursprung av vår- och höstfroster (Hannerz & Wilhelmsson, 1998) såväl som vinterskador (Hannerz, 1994a). Detta kan sannolikt förklaras av sticklingens något mindre juvenila fenologi. Även skillnader i rotutveckling mellan sticklingar och fröplantor har framförts som en möjlig orsak till sticklingarnas snabbare etablering.

Inom mellansvenska klonskogsbruksprojektet har överlevnaden efter två år i fält i genomsnitt varit 79,6 % för sticklingar och 76,8 % för fröplantor. Sticklingarna har alltså överlevt i något högre grad men är ej så överlägsna som i tidigare studier. En viktig orsak till detta kan vara att projektets försök i samband med planteringen och 1–2 år efter, upprepade gånger behandlats med permetrin. Därmed har snytbaggen till stor del eliminerats som huvudorsak till stora skillnader i plantdödlighet.

Skillnaderna i tidig höjdtillväxt mellan sticklingar och fröplantor har i projektets försök varit stor (figur 3). Hur stor del av denna skillnad som är en planttyps-effekt och hur stor del som är en effekt av de urval i flera steg sticklingmaterialet genomgått kan ej separeras.

I ett av projektets försök, S267 Latorp har en betydande andel lutande plantor registrerats vid revisionen efter sex år i fält. Den sannolika orsaken till detta är

uppfrysning av plantorna efter plantering. En utvärdering av resultaten visar att sticklingarna i betydligt högre grad än fröplantorna utsatts för denna skada (figur 5). Sticklingarna och fröplantorna har odlats i samma typ av behållare och tillsammans i så stor utsträckning som möjligt.



Figur 5. Skillnader i instabilitet mellan sticklingar och fröplantsmätare i försök S267 Latorp

Varför sticklingarna är mer instabila än fröplantorna i detta försök kan ej helt förklaras, men möjligen bero på skillnader i rotutveckling, plantstorlek eller rot-skott fördelning. Liknande instabilitetsproblem har ej observerats i andra sticklingförsök eller praktiska planteringar, vare sig inom mellansvenska projektet eller tidigare klonskogsbruksprojekt. I en särskilt anpassad studie kunde inga skillnader i rotstabilitet påvisas mellan sticklingar och fröplantor efter 15 år i fält (Hannerz & Lindström, 1998).

drag. I samband med detta och en ökande efterfrågan från andra företag såväl som enskilda skogsägare har Odlarna börjat producera sticklingar även åt andra köpare. I plantskolan i Falkenberg har man i dag ca 250 000 sticklingar under produktion och kommer under 2002 att sticka ytterligare ca 300 000 ris. Under år 2003 planerar man att sticka ca 500 000 plantor.

Fortsättningen – bulksticklingar?

Omfattningen av sticklingproduktion med projektets kloner har varit begränsad, främst p.g.a. de höga kostnaderna för sticklingproduktion jämfört med produktion av fröplantor. Förutom de kostsamma manuella momenten i sticklingproduktionen har också praktiska problem förknippade med klonåldrande och moderplantshållning bidragit till höga produktionskostnader.

Sticklingar som produceras med ris från juvenila fröplantor har betydligt högre rotningsförmåga än de åldrade testade klonerna. Dessutom ger de en stor och vital leveransklar planta efter ett års odling. Många av de testade klonerna behöver två år i plantskolan för att ge en leveransklar planta, beroende på plagiotropism och långsammare rotningsförlopp. Dessa skillnader samt en enklare moderplantshantering gör att bulksticklingar från korsningar av testade och utvalda föräldrar kan ge sticklingar till en lägre produktionskostnad.

Intressentföretagens intresse för bulksticklingar ökade påtagligt under projektetidens gång. Företagen startade också gemensamt en växthusfröplantage vid Nässja plantskola för produktion av granfrö med hög förädlingsgrad. Genom att använda de allra bästa klonerna från mellansvenska klonskogsbruksprojektet som fröproducenter i växthusplantagen kan man utnyttja de genetiska vinster som projektet genererat. Inom ramen för projektet har dessutom elitkorsningar med testade och utvalda plusträd som föräldrar gjorts. Fröet har använts till att odla moderplantor till bulksticklingar i intressenternas plantskolor. Mellansvenska klonskogsbruksprojektet har genom detta fått en naturlig efterföljare i växthusplantageprojektet, med bulkförökning av sticklingar som komplement.

Urval till fröplantager

Två produktionsomgångar till växthusplantagen har valts bland projektets kloner till vardera zonerna G5 och G6. I projektets korttidshäck på Rölundafältet har 600 sticklingar grävts upp och krukats in till vardera omgång. Genom att utnyttja plantorna i korttidshäcken gör man en tidsvinst genom att klonerna förväntas producera frö ca 5 år tidigare än om man stuckit/ympat de utvalda klonerna. Till zon G5 har 15 kloner valts ut och den genetiska vinsten för dessa har skattats till ca 25 % högre tillväxt än oförädlad material. Till zon G6 har 55 kloner valts med en förväntad genetisk vinst på 32 % jämfört med oförädlad material.

Projektets kloner är även högaktuella för att använda i konventionella fröplantager. Ett urval senskjutande kloner med god tillväxt har valts ut, grävts upp och planterats om till fröplantagen G6:2 Målilla. Ett urval av projektets kloner kommer likaså att ingå i den nya fröplantagen för zon 4, G4:2 Sollerön,

som är under uppbyggnad. Dessa kloner har framför allt valts för god tillväxt och vitalitet i de två nordligaste försöken Noppikoski och Furuberg.

Projektets intressenter planerar även att anlägga nya fröplantager för zonerna G5 och G6. I första hand finns planer på att successivt ersätta tall- och granfröplantagerna på Ön i Färnebofjärden med en ny G5-plantage.

Betydelse för förädlingsprogrammet

Det svenska förädlingsprogrammet i Mellansverige hade utan tillskott av kloner från klonskogsbruksprojekten varit hänvisat till att välja kloner till förädlingspopulationer bland endast ca 900 plusträd. Eftersom urval skall göras till fem populationer, totalt ca 250 träd, så skulle urvalsintensiteten ha blivit låg och den genetiska vinsten i det första urvalet måttlig. Genom tillskottet av kloner från Mellansvenska klonskogsbruksprojektet kan den teoretiska genetiska vinsten (beräknad enligt Rosvall et al., 2001) förväntas stiga från 8,3 % till 13,7 %. Totalt alltså 5,4 % högre genetisk vinst i förädlingsprogrammet, vilket omräknat innebär en tidsvinst på ca 10 år för granförädlingen i Mellansverige. Under mitten av 1990-talet så tillfördes granförädlingen även förädlingsrätten till Hillehögskloner, vilket ytterligare förbättrade möjligheterna till högre genetisk vinst i den första förädlingsgenerationen.

Ekonomi

Vid projektets start beräknades att projektets kostnader fram till 2006 skulle uppgå till ca 19 miljoner i 1989 års penningvärde, vilket motsvarar 27,6 miljoner i 2001 års värde. Under projektets gång har omfattningen successivt skurits ner och inget nytt material introducerats. Projektet avslutades också tidigare än 2006. Vid varje ny avtalsperiod avsattes en ekonomisk ram för perioden. Denna var 8,5 miljoner för perioden 1989–1995, 1,7 miljoner för 1996 och 5,0 miljoner för 1997–2001 i respektive års penningvärde. Totalt har 19,2 miljoner i 2001 års penningvärde avsatts som kostnadsram under projektets gång (tabell 4). Av denna har 17,2 miljoner förbrukats, alltså 2,0 miljoner mindre än kostnadsramen.

De två största posterna är testning och häckhållning, som är jämnstora. Om man adderar kostnaderna för administration och det inköp av kloner som gjordes vid projektets start, och fördelar denna kostnad på antalet testade kloner kommer man till kostnaden 3 059 kr per testad klon (tabell 4).

Tabell 4.
Projektets totala kostnader i 2001 års penningvärde (omräknat med KPI).

Verksamhet	Kostnad, kr	Kostnad/ testad klon, kr
Administration	1 593 812	322
Inköp av kloner från Sydsvenska projektet	817 095	165
Testning och urval	6 585 820	1 329
Anläggning och skötsel av korttidshäck	6 159 966	1 243
Metodutveckling	2 190 987	
Elitkorsningar till bulksticklingar	179 125	
Totalt	17 198 477	3 059
Total kostnadsram	19 163 389	
Skillnad	1 964 912	

Angränsande projekt

Mellansvenska klonskogsbruksprojektet har under de gångna åren initierat eller bidragit till ett antal angränsande projekt.

Projektet delfinansierade en lägesrapport om kunskaperna kring vegetativ förökning och klonskogsbruk som utfördes av SkogForsk och publicerades i en Redogörelse (Högberg et al., 1995)

Projektet initierade och helfinansierade en förstudie för utveckling av mekaniserad sticklingproduktion (Högberg et al., 1996). Resultaten var nedslående för möjligheten att till rimliga kostnader mekanisera de manuella momenten i sticklingproduktionen.

Ett forskningsprojekt med syfte att studera metoder för moderplantsbehandling och deras effekter på risproduktion och kvalitet initierades av projektet (Högberg, 2000) och finansierades av Föreningen för skogsträdsförädling. Resultaten antydde att odling av flera moderplantor i en gemensam stor kruka kunde ge en snabbare start på risproduktionen.

Halvsyskon materialet har utnyttjats för att skatta effekterna av familjeurval för olika karaktärer och resulterade i en vetenskaplig publikation (Hannerz et al., 1999). En vårfrost i samma material användes för att beskriva betydelsen av tillväxtrytm och genetik (Hannerz, 1994b).

Vinterskador i klontester **med helsyskon** och **87:1**-kloner utnyttjades för att beskriva skillnader mellan sticklingar och fröplantor av olika provenienser och effekten av tillväxtrytm och genetik (Hannerz, 1994a).

Projektet med att anlägga och driva en växthusplantage med gran vid Nässja plantskola kan ses som en direkt följd av företagets växande intresse för bulksticklingproduktion. Projektets utvecklingsfas pågår fortfarande och den fullskaliga produktionen beräknas inledas omkring 2005.

En ekologisk utvärdering av klonskogsbruk med gran initierades av projektet och finansierades av Föreningen för skogsträdsförädling. Den resulterade i en Report från SkogForsk (Sonesson et al., 2001).

Måluppfyllelse

Projektets övergripande mål enligt den ursprungliga projektplanen var ”dels att introducera ett material med snabbväxande och hårdiga kloner för ett mellan-svenskt klonskogsbruksprogram, dels att vinna kunskap om de genetiska vinster som urval enligt olika kriterier kan leda till”. Senare preciseras målen (Hannerz & Wilhelmsson, 1992) som:

1. Identifiera kloner av gran som har hög stamvedsproduktion, hög odlings-säkerhet samt oförändrade eller förbättrade kvalitetssegenskaper.
2. Skapa en förökningsbas för produktion av 9 miljoner sticklingar per år efter 2000.
3. Använda kunskaperna om testade kloner och familjer i den långsiktiga för-ädlingen.

Det första målet måste anses uppfyllt eftersom de utvalda klonerna har betydligt högre tillväxt och överlevnad än oselektat material. I utredningen som föregick ursprungsplanen angavs att ett urval av 10–20 % av klonerna skulle ge en genetisk vinst på 20–30 % jämfört med fröplantor av ortens proveniens. Ett urval av projektets 10 % bästa kloner har genomsnittliga genotypvärden som är 48 % bättre än fröplantor av ortens proveniens (figur 3). Även om denna siffra i realiteten kanske måste reduceras något för att översättas till långsiktig volymproduktion och för att ta hänsyn till planttypseffekten så har projektets resultat med god marginal uppfyllt förväntningarna på tillväxtvinster. Kvaliteten har ej varit föremål för omfattande studier men kvalitetsnedsättande skador som sprötkvistar och dubbelstammar har registrerats i ett flertal av försöken. Den genetiska korrelationen mellan god tillväxt och låg frekvens av sprötkvistar och dubbelstammar har huvudsakligen varit positivt. Detta innebär att ett urval för tillväxt även minskar risken för denna typ av skador, vilket även har påvisats i andra studier (Hannerz et al., 1999).

Målet att skapa en förökningsbas för sticklingproduktion var avgörande för dimensioneringen av projektet. Det bedömdes vid projektets start att ca 5 000 testade kloner som fanns representerade med i genomsnitt 50 individer vardera i korttidshäcken skulle uppfylla detta mål. Antalet testade kloner blev 4 954 och när korttidshäcken var fullt utbyggd fanns där ca 165 000 plantor eller i genomsnitt ca 35 plantor per klon. Anledningen till att man ej kom upp i 50 plantor per klon var att företagen under projektidens senare del började inse att de ej skulle komma att producera de 9 miljoner sticklingarna årligen. Planerna för utbyggnad av korttidshäcken bromsades därför upp av styrgruppen.

Även det tredje målet kan anses uppfyllt, eftersom projektet bidragit med ny kunskap om genetisk testning, vegetativ förökning, miljökonsekvenser m.m. men framför allt för att projektets kloner utgör en ovärderlig bas för urval till förädlingspopulationerna i Mellansverige.

De ekonomiska ramarna för projektet har hållits (tabell 4), vilket även det får ses som en måluppfyllelse. I utredningen som föregick projektet beräknades kostnaderna för klontestning till 2 500 – 3 500 kr/testad klon i 1989 års penningvärde motsvarande 3 200 – 4 500 kr i 2001 års värde. Detta skall jämföras med den faktiska kostnaden på 3 059 kr per klon. En bidragande orsak

till den billigare testningen var att inga försök för testning på nivå S2 anlades med halvsyskon- och 87:2-klonerna.

Sammanfattningsvis kan man alltså säga att projektet uppfyllt sina mål. Den vision som fanns om en fullskalig sticklingproduktion i intressenternas plantskolor har dock ej uppfyllts även om en viss produktion pågår. Den praktiska massförökningen låg dock utanför projektets ram.

Publikationer som projektet bidragit till

- Hannerz, M. 1991. Urval ur halvsyskonfamiljer av gran till mellansvenska klonskogsbruksprojektet – beskrivning av urvalsprinciper, genetiska effekter och genetisk struktur i utgångsmaterialet. Institutet för skogsförbättring. Arbetsrapport nr 259.
- Hannerz, M. & Wilhelmsson, L. 1992. Mellansvenskt klonskogsbruk med gran. Institutet för skogsförbättring. Information skogsträdsförädling Nr 3 1991/92.
- Hannerz, M. 1992. Genetisk variation i tillväxt och tillväxtrytmkaraktärer hos helsyskonavkommor inom det mellansvenska klonskogsbruksprojektet. Institutet för skogsförbättring. Arbetsrapport nr 264.
- Hannerz, M. 1994. Vinterskador på gran. SkogForsk. Resultat nr 18.
- Hannerz, M. 1994. Damage to Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings caused by a late spring frost. SkogForsk. Report No. 5.
- Hannerz, M. 1994. Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and in a seed orchard. SkogForsk. Report No. 6.
- Högberg, K.-A., Eriksson, U. & Werner, M. 1995. Vegetativ förökning och klonskogsbruk med tonvikt på gran. SkogForsk Redogörelse nr 2.
- Sonesson, J. 1995. Grankloner i Mellansvenska klonskogsbruksprojektet, helsyskonfamiljer av plusträskorsningar. SkogForsk. Avelsvärden nr 19.
- Sonesson, J. 1995. Grankloner i mellansvenska klonskogsbruksprojektet. 1987 års kloner, urvalsomgång 1. SkogForsk. Avelsvärden nr. 25.
- Sonesson, J. & Karlsson, B. 1995. Val av gran vid skogsodling i Svealand. SkogForsk. Resultat nr. 13.
- Högberg, K.-A., Hallonborg, U., Edström, K., Karlbom, M. & Lindgren, A. 1996. Mekansierad sticklingproduktion. SkogForsk. Arbetsrapport nr 320.
- Hannerz, M., Sonesson, J. & Ekberg, I. 1999. Genetic correlations between growth and growth rhythm observed in a short-term test and performance in long-term field trials of Norway spruce. Can. J. For Res. 29:6 768–778.
- Högberg, K.-A. 2000. Utveckling av produktion av gransticklingar. Slutrapport till föreningen för skogsträdsförädling. Projekt 988.
- Sonesson, J., Bradshaw, R., Lindgren, D., & Ståhl, P. 2001. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. SkogForsk. Report No. 1.

Referenser

- Gemmel, P., Örländer, G. & Högberg, K.-A. 1991. Norway spruce cuttings perform better than seedlings of the same genetic origin. *Silvae Genetica* 40: 198–202.
- Hannerz, M. 1991. Urval ur halvsyskonfamiljer av gran till mellansvenska klonskogsbruksprojektet – beskrivning av urvalsprinciper, genetiska effekter och genetisk struktur i utgångsmaterialet. Institutet för skogsförbättring. Arbetsrapport nr 259.
- Hannerz, M. 1992. Genetisk variation i tillväxt och tillväxtrytmkaraktärer hos halvsyskonavkommor inom det mellansvenska klonskogsbruksprojektet. Institutet för skogsförbättring. Arbetsrapport nr 264.
- Hannerz, M. 1994a Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and in a seed orchard. SkogForsk. Report No. 6.
- Hannerz, M. 1994b Damage to Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings caused by a late spring frost. SkogForsk. Report No. 5.
- Hannerz, M. 2000. Norway spruce breeding for growth and adaptedness. In: Krishnapillay, B et al. (editors). Forests and society: the role of research: XXI IUFRO World congress 7–12 August 2000 Kuala Lumpur Malaysia.
- Hannerz, M. & Lindström, A. 1998. Rotutformning hos sticklingar och fröplantor av gran. SkogForsk. Redogörelse nr. 7. 92–96.
- Hannerz, M., Sonesson, J. & Ekberg, I. 1999. Genetic correlations between growth and growth rhythm observed in a short-term test and performance in long-term field trials of Norway spruce. *Can. J. For. Res.* 29:6 768–778.
- Hannerz, M., Thorsén, Å., Mattsson, S. & Weslien, J. 2002. Pine weevil (*Hyllobius abietis*) damage to cuttings and seedlings of Norway spruce. *For. Ecol. Manage.* 160 (1–3): 11–17.
- Hannerz, M. & Wilhelmsson, L. 1992. Mellansvenskt klonskogsbruk med gran. Institutet för skogsförbättring. Information skogsträdsförädling Nr 3 1991/92.
- 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.
- Högberg, K.-A. 2000. Utveckling av produktion av gransticklingar. Slutrapport till föreningen för skogsträdsförädling. Projekt 988.
- Högberg, K.-A., Eriksson, U. & Werner, M. 1995. Vegetativ förökning och klonskogsbruk med tonvikt på gran. SkogForsk Redogörelse nr 2.
- Högberg, K.-A., Hallonborg, U., Edström, K., Karlbom, M. & Lindgren, A. 1996. Mekansierad sticklingproduktion. SkogForsk. Arbetsrapport nr 320.
- Högberg, K.-A. & Karlsson, B. 1992. Nursery selection of *Picea abies* clones and effects in field trials. *Scand. J. For. Res.* 13:1. 12–20.
- Mattsson, S. & Thorsén, Å. 1992. Föryngringen och dess problem. Rationaliseringskonferensen 1992. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr. 1. 35–48.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager SkogForsk. Redogörelse nr 1.
- Sonesson, J., Bradshaw, R., Lindgren, D., & Ståhl, P. 2001. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. SkogForsk. Report No. 1.