

Beräkning av överlevnad, höjd och härkomstlatitud för material från nya tallplantager

Bengt Andersson & Tore Ericsson

Ämnesord: Genetisk vinst, härkomstlatitud, inkorsning, tallplantager

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 produktions effektivitet. 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.

Innehåll

Bakgrund	3
Beräkningsmetoder	3
Genetisk nivå	3
Plantager utan inkorsning.....	3
Plantager med inkorsning.....	4
Härkomstlatitud	6
Resultat	6
Genetisk nivå	6
Plantager utan inkorsning.....	6
Härkomstlatitud	8
Referenser.....	10

Bakgrund

En uppskattning av överlevnad och tillväxt för material från de nya tallplantager som anlades från mitten av 1980-talet och framåt motiveras av att plantagerna nu är i en utvecklingsfas där kommersiell plockning och användning av fröet är intressant. Vinstnivåerna i överlevnad och produktion för idealt fungerande plantager, d.v.s. utan inkorsning, finns redovisade i Rosvall m.fl. (2001). För att kunna beräkna vinsterna vid en viss aktuell inkorsningsprocent och på valfri lokal efter förflyttning, som t.ex. i Valskog-programmet, (Ericsson m.fl., 2002) behövs en metodbeskrivning och kompletterande uppgifter, vilket redovisas i den här rapporten. Ett ytterligare syfte är att beräkna plantagematerialens härkomstlatitud som behövs för Skogsstyrelsens utfärdande av stambrev.

Beräkningsmetoder

Plantagerna kan i princip delas in i två grupper, dels plantager med kloner som valts genom fenotypurval (plusträdsurval) i skogsbestånd och dels plantager med kloner som valts efter någon form av genetisk testning. Dessutom förekommer plantager med kombinerat urvalsförfarande där en del av klonerna kommer från fenotypurval och en del från genetisk testning. Utgångsläget är idealt fungerande plantager utan inkorsning av pollen från omgivningarna. Sedan beräknas vinstnivåer och härkomstlatituder för frö som skördas från plantagerna där hänsyn tas till sådan inkorsning. Efterhand som en plantage utvecklas kommer inkorsningsprocenten att ändras, vilket innebär att såväl vinstnivåer som härkomstlatituder förändras.

Genetisk nivå

Plantager utan inkorsning

Plantager med plusträd som valts i skogen utan genetisk testning kan lämpligen jämföras med naturbestånd med samma geografiska ursprung som medelklonen i plantagen. Naturbeståndens överlevnad och höjd vid 30 års ålder, lokalt använd eller förflyttad, har beräknats av Persson (1994) och Persson och Ståhl (1993). Enligt Andersson m.fl. (2002) ger plantagerna avkommor som i genomsnitt har något lägre överlevnad (ca 3 procentenheter vid 50 % överlevnadsnivå) och 10 % högre höjd än beståndsavkommorna vid 9–12 års ålder, oberoende av förflyttning. Skillnaden i överlevnad är inte signifikant och tidigare resultat har inte heller visat signifikanta skillnader. Snart kommer resultat från 30-åriga försök och efter den analysen är det lämpligt att ompröva vinstnivåer i både överlevnad och höjd. Tills vidare används vinstnivån 10 % för höjd och 0 % för överlevnad i Valskog-programmet, och de antas gälla vid 30 års ålder.

Den genetiska vinsten för plantager med kloner som valts efter genetisk testning beräknas i förhållande till den eller de baspopulationer (plantager med fenotypvalda plusträd) som klonerna valts ur. Den sammanlagda vinsten, dels baspopulationens vinst jämfört med beståndsmaterial och dels selektionsvinsten för de utvalda klonerna, är tidigare beräknad för varje plantage i Rosvall m.fl. (2001). I dessa beräkningar har selektionsvinsten i arealproduktion förenklat adderats till baspopulationens vinst trots att vinsterna egentligen

är multiplikativa, eftersom selektionsvinsten är beräknad i relation till baspopulationens nivå. De olika beräkningssätten ger endast marginella skillnader i vinstnivåer och fortsättningsvis har den enklare additiva modellen använts också här.

Selektionsvinsten i Rosvall m.fl. (2001) är uttryckt dels som procentuell ökning av långsiktig arealproduktion vid normalt förband (d.v.s. oberoende av överlevnadsnivå), dels som ökning av överlevnad i procentenheter i en miljö där överlevnaden är 50 %. Beräkningarna har gjorts med hjälp av selektionsintensitet och genetiska parametrar med korrekationer för ung–gammal samband, genotyp–miljösamspel och mät–målegenskap. Baspopulationernas vinst i långsiktig arealproduktion har beräknats som skillnad i höjd vid 10 års ålder (enl. Andersson m.fl., 2002) och sedan antagits gälla för arealproduktion över omloppstiden. Eftersom medelhöjd vid 30 år är utgångspunkt för beräkningar i Valskog-programmet behövs en transformering från skillnad i arealproduktion över omloppstiden till skillnad i medelhöjd vid 30 års ålder. Med hjälp av höjduvecklingsfunktioner för olika ståndortsindex (Elfving & Kiviste, 1997) och sambandet mellan ståndortsindex och bonitet (Hägglund & Lundmark, 1982; Hamilton & Björlesjö, 1977) kan det visas att 10 % skillnad i arealproduktion över omloppstiden motsvarar 8–11 % skillnad i medelhöjd vid 30 år. Den procentuella skillnaden i arealproduktion som redovisas i Rosvall m.fl. (2001) har därför förenklat antagits gälla också för medelhöjd efter 30 år.

Plantager med inkorsning

När inkorsning ska beaktas vid beräkning av plantagevinster beräknas först ett standardiserat ursprung för plantagematerialet med ledning av moderklonernas ursprung (alternativt baspopulationens ursprung för plantager med kloner som valts efter genetisk testning), pollenets ursprung och inkorsningsprocenten. Det finns resultat som tyder på att inkorsande pollen har något sydligare ursprung än plantagelokalen och här antas 0,5 breddgrader sydligare ursprung. Det standardiserade ursprunget anger ursprunget för ett beståndsmaterial med samma förväntade överlevnad som det aktuella plantagematerialet utan hänsyn till eventuella selektionsvinster i överlevnad. Det är beräknat som:

$$u_{std} = u_0 \left(1 - 0,5 \sum_{k=1}^n i_k\right) + 0,5 \sum_{k=1}^n u_k i_k, \quad (1)$$

där u_{std} är standardiserat ursprung (breddgrader), u_0 är moderklonernas alt. baspopulationens ursprung (breddgrader), i_k är inkorsning (andel pollen) och u_k är klonursprung (breddgrader) för n olika externa pollenkällor. Observera att u_k för vildpollen antas vara en halv breddgrad sydligare än plantagelokalen. Sambandet (1) gäller generellt för en plantage med flera olika pollenkällor. I normalfallet har en plantage endast en pollenkälla utöver internkällan, nämligen vildpollen från omgivningarna, och då kan sambandet förenklas till $u_{std} = u_0 (1 - 0,5i_1) + 0,5u_1i_1$, där i_1 är andel vildpollen och u_1 är vildpollenets ursprung (d.v.s. plantagebelägenhet–0,5°).

Överlevnad och medelhöjd för beståndsmaterial, lokalt använt eller förflyttat, beräknas sedan enligt Persson (1994) och Persson & Ståhl (1993). Skälet till att utgå från det standardiserade ursprunget är att förflyttningsfunktionerna inte är linjära och det därför inte går att beräkna separata förflyttningseffekter på fader- och modersidan och sedan göra ett medelvärde.

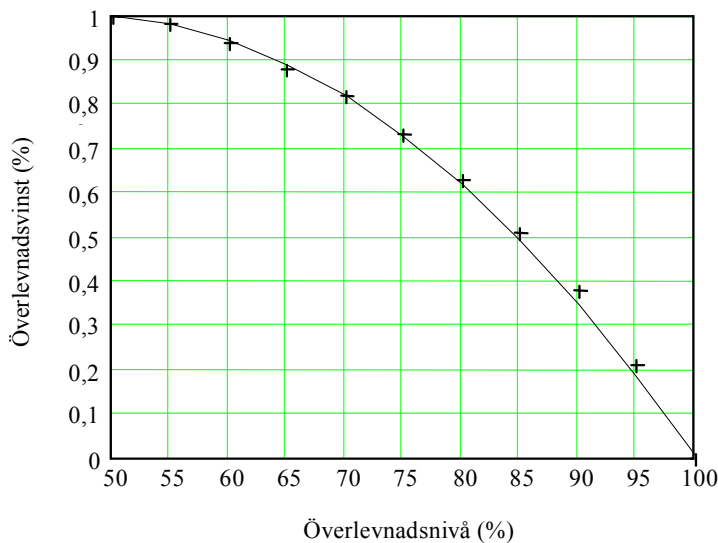
Därefter beräknas vinstnivåerna för överlevnad respektive höjd genom att reducera vinsten för idealt fungerande plantager med den andel av genbidraget i fröskörden som kommer från inkorsande pollen.

Följande samband har använts för beräkning av vinst i överlevnad:

$$S = S_0^* (1 - 0,5 \sum_{k=1}^n i_k) + 0,5 \sum_{k=1}^n S_k^* i_k, \quad (2)$$

där S är vinst i överlevnad för plantageskörden (procentenheter), S_0^* är vinst i överlevnad (procentenheter) för selekterade kloner utan inkorsning, i_k är inkorsning (andel pollen) och S_k^* är vinst i överlevnad (procentenheter) för n olika externa pollenkällor (0 % för vildpollenkällor). Här förutsätts att baspopulationen inte har någon vinst i överlevnad. Om så är fallet ändras ekvationen analogt med (3) för höjd (se nedan), d.v.s. S_0 tillkommer. Observera att S_k^* för vildpollen är 0 % och för en normal plantage med inkorsning från endast omgivande vildbestånd ($n = 1$) kan sambandet förenklas till $S = S_0^* (1 - 0,5 i_1)$, där i_1 är andelen vildpollen.

Vinsterna är beräknade i procentenheter vid 50 % överlevnadsnivå och behöver transformeras till aktuell överlevnadsnivå enligt sambandet i figur 1 för att gälla vid andra överlevnadsnivåer.



Figur 1.

Samband mellan överlevnadsvinst i procentenheter och överlevnadsnivå när utgångsläget är 1 % vinst vid 50 % nivå. Sambandet approximeras med funktionen $y = 0,1883 + 0,03434x - 0,0003622x^2$, där y är överlevnadsvinst och x är överlevnadsnivå.

Beräkning av vinst i höjd har gjorts enligt sambandet:

$$H = (0,6H_0 + H_0^*) (1 - 0,5 \sum_{k=1}^n i_k) + 0,5 \sum_{k=1}^n (0,6H_k + H_k^*) i_k + 0,4H_0, \quad (3)$$

där H är vinst i höjd för plantageskörden (%), H_0 är vinst i höjd för baspopulationen ur vilken plantageklonerna valts (%), H_0^* är den ytterligare vinst som de selekterade klonerna ger (%), H_k respektive H_k^* är på samma sätt vinst i höjd (%) från baspopulationen respektive selekterade kloner för externa pollenkällor och i_k är inkorsning (andel pollen) för de n externa pollen-

källorna. H_k och H_k^* för vildpollen är 0 % och för en normal plantage med enbart inkorsning från omgivande skog (förutsatta vildbestånd) kan sambandet förenklas till $H = (0,6H_0 + H_0^*)(1 - 0,5i_1) + 0,4H_0$, där i_1 är andelen vildpollen.

Den genetiska vinsten i höjdtillväxt för baspopulationer (H_0 och H_k) antas komma delvis från heterosis (samkorsningseffekter) och fysiologiska fröeffekter (totalt 4 av 10 % enl. Wilhelmsson m.fl., 1993), vilka inte påverkas av inkorsning. Därför reduceras baspopulationernas vinstnivåer till 60 % ($0,6H_0$ och $0,6H_k$) innan reduktionen för inkorsning görs. Heterosis och fysiologiska fröeffekter på 40 % ($0,4H_0$) adderas slutligen utan reduktion för inkorsning eftersom de antas uppstå oberoende av pollenkälla.

Härkomstlatitud

Skogsstyrelsen utgår i sina förflyttningsregler och i Rikslängden från ett materials härkomstlatitud för att beskriva dess härdighet/överlevnadsförmåga. Härkomstlatituden för en plantage anger den latitud ett beståndsmaterial har när det ger samma förväntade överlevnad som plantagematerialet. En preliminär beräkning av ett plantagematerials härkomstlatitud har gjorts genom att utnyttja standardursprunget beräknat enl. (1) som sedan korrigerats för genetisk vinst i överlevnad enl. (2) efter omräkning av vinsten till förflyttningseffekt för beståndsmaterial med hjälp av funktionerna i Persson (1994). Först har en lokal tagits fram där ett beståndsmaterial med samma ursprung som plantagens standardiserade ursprung har överlevnad 50 %. Sedan beräknas, på samma lokal, ursprunget för det beståndsmaterial som ger en överlevnad som är 50 % plus plantagens överlevnadsvinst ($50 + S$). Det blir plantagens härkomstlatitud, och den är beräknad både med dagens aktuella inkorsningsnivå och med framtida inkorsningsnivå (40 %) då plantager förväntas ha full pollenproduktion.

Resultat

Genetisk nivå

Plantager utan inkorsning

För plantager med plusträd som valts i skogen utan genetisk testning är utgångspunkten plantagens geografiska medelklonursprung som fås från FRITID-databasen, alt. från Rosvall m.fl. (1998). Plantagernas medelklonursprung och användningscentrum samt förväntad överlevnad och höjd för beståndsmaterial med samma ursprung framgår av tabell 1. Plantagematerialets överlevnad blir då densamma som för beståndsmaterial och plantagematerialets höjd fås genom att addera 10 % till beståndsmaterialets nivå. Vinstnivåerna framgår av tabell 2.

Tabell 1.

Överlevnad och höjd efter 30 år för naturbestånd av samma proveniens som plantagens klonursprung (enl. Valskog-programmet) vid användning i användningscentrum.

Plantage	Klonurspr. för baspop. ¹	Användnings- centrum		Överl. bestånd %-enh.	Höjd bestånd m
	Lat.	Lat.	Alt.		
T1 Alvik	67,5	67,0	330	49,4	5,6
T2 Alvik	67,8	66,5	185	75,9	7,4
T4 Moliden	67,0	65,8	97	81,1	8,4
T5 Pålberget	66,7	65,0	281	78,4	7,3
T6 Pålberget	66,0	63,5	480	74,0	5,8
T7 Slåttholmen	66,2	64,8	100	83,0	8,8
T8 Dal	64,9	63,8	300	79,0	7,9
T9 Långnäs	63,4	62,3	500	70,0	6,8
T10 Västerhus	63,8	63,5	125	81	9,6
T11 Köpmanholmen	63,7	62,5	318	81	8,4
403 Nedansjö-ny	63,1	62,5	318	78	8,5
Gideåbruk	63,9	62,5	318	82	8,3
T12 Gnarp	62,5	61,3	508	76	7,4

¹ = u_0 , d.v.s. medelklonursprunget för plantager med fenotyputvalda plusträd och baspopulationens(-ernas) medelklonursprung för plantager som valts efter genetisk testning.

För plantager där klonerna är valda från ett större antal testade kloner (1,5:e generationens plantager) är utgångspunkten i stället alla de testade klonernas medelursprung, eftersom vinsterna enl. Rosvall m.fl. (2001) är beräknade med dessa som bas. Plantagerna behåller samma ursprung som den baspopulation har ur vilka de valts. Om baspopulationen består av fenotypurvalda plusträd blir utgångsnivån 10 % högre höjd än beståndsmaterial med motsvarande ursprung, medan överlevnaden är densamma. Därefter adderas en selektionsvinst i höjd och en i överlevnad. Om en del av plantageklonerna kommer från testade och en del från otestade plusträd är selektionsvinsten beräknad som ett andelsviktat medelvärde från de båda grupperna. Vinstnivåerna, uppdelat på baspopulationen och selekterade kloner, framgår av tabell 2.

Tabell 2.

Vinstnivåer för idealt fungerande plantager (ingen inkorsning), uppdelat på baspopulation och selekterade kloner, jämfört med beståndsmaterial med samma geografiska ursprung som baspopulationen.

Plantage	Vinst för baspopulationen		Vinst för selekterade kloner	
	Höjd ¹ H_0 (%)	Ö-lev. (%)	Höjd ² H_0^* (%)	Ö-lev ³ S_0^* (%-enh.)
T1 Alvik	10	0	4	8
T2 Alvik	10	0	0	11
T4 Moliden	10	0	0	0
T5 Pålberget	10	0	5	5
T6 Pålberget	10	0	0	5
T7 Slåttholmen	10	0	0	0
T8 Dal	10	0	14	6
T9 Långnäs	10	0	12	12
T10 Västerhus	10	0	12	0
T11 Köpmanholmen	10	0	9	0
403 Nedansjö-ny	10	0	12	11
Gideåbruk	10	0	15	0
T12 Gnarp	10	0	0	7

¹ Beräknad från höjd vid 10 år (Andersson m.fl., 2002) och antagen gälla också för höjd vid 30 år.

² Beräknad från långsiktig arealproduktion (Rosvall m.fl., 2001) och antagen gälla också för höjd vid 30 år.

³ Beräknad vid överlevnadsnivån 50 % (Rosvall m.fl., 2001).

Plantager med inkorsning

För att kunna beräkna vinstnivåer efter att hänsyn tagits till inkorsning behövs uppgifter på klonursprung, inkorsningsprocent och inkorsande pollens ursprung, vilket framgår av tabell 3. Inkorsningsprocenten är uppskattad för varje enskild plantage med ledning av plantagetrådets utveckling och pollenproduktion. En fullt utvecklad plantage med hög pollenproduktion (uppskattad till mer än 20 kg pollen per ha och år) antas vara inkorsad till 40 %. Inkorsningsprocenten behöver dock justeras efterhand som pollineringsituationen förändras i plantagerna, vilket också medför att vinstnivåerna förändras.

Vinstnivåer beräknade efter reduktion för inkorsning framgår av tabell 3.

Vinsten i höjd är beräknad i procent av medelhöjden för beståndsmaterial med samma ursprung som plantagematerialets standardiserade ursprung. Vinsten i överlevnad är beräknad som *procentenbeter* vid 50 % överlevnadsnivå för beståndsmaterial med samma ursprung och skall därför först transformeras till aktuell överlevnadsnivå för beståndsmaterial på den specifika lokalen (med hjälp av sambandet i figur. 1) och därefter direkt adderas till denna nivå.

Härkomstlatitud

Härkomstlatituden för plantagerna framgår av tabell 3. Efterhand som en plantage utvecklas kommer inkorsningsprocenten att ändras, vilket innebär att såväl standardiserade ursprung som härkomstlatituder förändras. Både aktuell härkomstlatitud för nuvarande plantageskördar och förväntad slutlig härkomstlatitud anges.

Tabell 3.

Beräknat standardiserat ursprung, vinstnivåer och härkomstlatitud för plantageavkomor vid viss inkorsningsnivå. (Förkortningar och beräkningar enl. metodbeskrivningen där index 0 avser plantageträden, index 1 vildpollen från omgivande bestånd och index 2 pollen från omgivande äldre plantageträdd.)

Plantage	Ext. pollen- ursp. (u_1)	Klon- ursp. (u_0)	Inkors- ning (i_1)	Std. ursp. (u_{std})	Vinst överl. (S)	Vinst höjd (H)	Härkomst- latitud (°)	
	Lat. (°)	Lat. (°)	%	Lat. (°)	%-enh.	%	aktuell ¹⁾	slutlig ²⁾
T1 Alvik	63,3	67,5	100	65,4	4	9	65,7	67,1
T2 Alvik	63,3	67,8	100	65,6	5,5	7	66,0	67,6
T4 Moliden	62,9	67,0	40	66,2	0	8,8	66,2	66,2
T5 Pålberget	64,9	66,7	100	65,8	2,5	9,5	66,0	66,6
T6 Pålberget	64,9	66,0	100	65,5	2,5	7	65,6	66,1
T7 Slåttholmen	62,0	66,2	40	65,4	0	8,8	65,4	65,4
T8 Dal	62,5	64,9	70	64,1	3,9	17	64,3	64,8
T9 Långnäs	64,9	63,4	100	64,2	6	13	64,6	64,4
T10 Västerhus	62,8	63,8	70	63,5	0	15,7	63,5	63,6
T11 Köpmanholmen	62,7	63,7	70	63,4	0	13,75	63,4	63,5
403 Nedansjö-ny	61,9	63,5	25	63,1 ^{a)}	7,8 ³⁾	17,5 ³⁾	63,7	64,1
Gideåbruk ⁴⁾	63,0	63,9	100	63,5	0	14,5	63,5	63,7
T12 Gnarp	61,6	62,5	70	62,2	4,55	7,9	62,5	62,7

¹⁾ Beräknad vid *aktuell* inkorsningsnivå och sedan korrigerad för selektionsvinst omräknad till förflyttningseffekt enl. Persson (1994).

²⁾ Beräknad vid *föväntad slutlig* inkorsningsnivå (40 %) och sedan korrigerad för selektionsvinst omräknad till förflyttningseffekt enl. Persson (1994).

³⁾ Beräknat enl. (1), (2) och (3) där $i_2 = 0.75$, $u_2 = 63.0$, $S_2^* = 6$ %-enh., $H_2^* = 6\%$, $H_2 = H_0 = 10\%$ från den äldre, gallrade plantagen 403 Nedansjö.

⁴⁾ Ännu inte anlagd.

De nya plantager som listas i tabell 3 finns ännu inte upptagna i Skogsstyrelsens Rikslängd, med undantag för plantage T4 Moliden. I Rikslängden har T4 Moliden härkomstlatitud 65,5 (65°30') men bör uppdateras till 66,2 (66°12'), eftersom den nu bedöms ha uppnått full pollenproduktion (60 % intern-pollinering).

Referenser

- Andersson, B., Elfving, B., Ericsson, T., Persson, T. & Gregorsson, B. Improved *Pinus sylvestris* performance in northern Sweden. Scand. J. For. Res. (submitted).
- Elfving, B. & Kiviste, A. 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. For. Ecol. Manage. 98: 125–134.
- Ericsson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Hannrup, B., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2002. Val av skogsodlingsmaterial för plantering i Sverige – kunskapssystem för plantskolor och skogsodlare (Internet: <<http://www.skogforsk.se>>, Kunskap direkt, Val av skogsodlingsmaterial). Uppsala: SkogForsk.
- Hamilton, H. & Björlesjö, B.O. (eds) 1977. Praktisk Skogshandbok. Sveriges Skogsvårdsförbund, Djursholm, 463 s.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. 1982.Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2 Diagram och tabeller. Skogsstyrelsen, Jönköping, 70 s. ISBN 91-85748-13-7.
- Persson, B. 1994. Effects of provenance transfer on survival in nine experimental series with *Pinus sylvestris* (L.) in northern Sweden. Scand. J. For. Res. 9: 275–287.
- Persson, B. & Ståhl, E.G. 1993. Effekter av proveniensförflyttning och förband i en försöksserie med tall (*Pinus sylvestris* L.) i norra Sverige (Rapport 35, Institutionen för skogsproduktion, SLU), 92 s. Garpenberg.
- Rosvall, O., Andersson, B. & Ericsson, T. 1998. Beslutsunderlag för val av skogsodlingsmaterial i norra Sverige med trädslagsvisa guider (Species specific guidelines for choosing forest regeneration material for northern Sweden). Redogörelse nr 1, 1998. SkogForsk Uppsala. 66 s.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. och Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar (Genetic gain from present and future seed orchards and clone mixes), Redogörelse nr 1, 2001. SkogForsk Uppsala, 41 s.
- Wilhelmsson, L., Eriksson, U. & Danell, Ö. 1993. Produktion av förädlat frö. Redogörelse nr 3, SkogForsk Uppsala, 52 s.