



**Kandidatarbeten  
i skogsvetenskap**  
Fakulteten för skogsvetenskap

**2013:14**

Resultat från avkommeprövning av plusträd  
av vårtbjörk (*Betula pendula*)

*Result from progeny testing of phenotypically  
selected trees of Silver Birch (*Betula pendula*)*



Foto: Martin Ewertson

Martin Ewertson

---

Sveriges Lantbruksuniversitet      Program: Jägmästarprogrammet  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp, Kurs: EX0592 Nivå: G2E  
Handledare: Anders Fries, SLU, Inst för skoglig genetik och  
växtfysiologi  
Handledare: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel  
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel  
Umeå 2013

# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap, SLU

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Martin Ewertson
Titel, Sv	Resultat från avkommeprövning av plusträd av vårtbjörk ( <i>Betula pendula</i> )
Titel, Eng	Result from progeny testing of phenotypically selected trees of Silver Birch ( <i>Betula pendula</i> )
Nyckelord/ Keywords	<i>Betula pendula</i> , genetisk vinst, genetiska parametrar, tillväxt, kvalitet, korrelation/ <i>Betula pendula</i> , genetic gain, genetic parameters, growth, quality, correlation
Handledare/Supervisor	Anders Fries Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi Department of Forest Genetics and Plant Physiology  Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2013

## **FÖRORD**

Jag vill tacka mina handledare Anders Fries och Tommy Mörling för all hjälp under arbetet, Skogforsk för materialet och VSN international för licensen till ASReml.

## SAMMANFATTNING

Förädlingsarbetet på vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) fick ett uppsving på slutet av 80-talet efter en ändrad opinion om björkens betydelse. En ny förädlingsplan togs fram med mål att förädla fram tidig höjdtutveckling, högre torrsubstansproduktion och bättre virkeskvalitet.

Syftet med denna studie är att undersöka möjliga förbättringar av vårtbjörk utifrån mätningar av ett försök med halvsyskonfamiljer. Detta genom beräkningar av heritabilitet, genetisk vinst, variationskoefficient och korrelationer för egenskaperna diameter, höjd, vitalitet, klykor, rakhet och grenstruktur, vid 10 och 21 års ålder. För den statistiska analysen användes en mixad linjär modell som kördes i programmet ASReml, vilket bygger på restricted maximum likelihood metoden.

Resultatet visar att förädlingsmöjligheter för vårtbjörk är goda speciellt för höjd och diameter, genetisk vinst är skattad till 20 % respektive 25 %. Klykor, rakhet och grenstruktur, visade inte lika lovande resultat, genetisk vinst låg på 13 %, 7 % respektive 7 % vid år tio. Korrelationerna mellan egenskaperna tyder på svårigheter att förädla för både bättre tillväxt och kvalitet, till exempel diametern vid år 10 har en negativ korrelation med grenstrukturen vid år 21 på -0,681.

Nyckelord: *Betula pendula*, genetisk vinst, genetiska parametrar, tillväxt, kvalitet, korrelation

## SUMMARY

Breeding work in silver birch (*Betula pendula* Roth) took an upswing in the late 80s after a change opinion on birch importance. A new breeding plan was developed with the goal of breeding early height development, higher dry matter production and better quality timber.

The purpose of this study is to investigate possible improvements of silver birch based on measurements of a trial with half sibling families. This should be reached by estimating heritability, genetic gain, coefficient of variation and correlation for diameter, height, vitality, pitchforks, straightness and branch structure at 10 and 21 years of age. For the statistic analysis a mixed linear model was used and run in ASReml program, based on restricted maximum likelihood method.

The result shows that the breeding possibilities for silver birch are good especially for height and diameter, genetic gain is estimated at 20 % respective 25 %. Crotch, straightness and branch structure, showed less promising results, genetic gain was at 13 %, 7 % respective 7 % at ten years.

The correlations between the properties indicates difficulties to breed against both better growth and quality, such as the diameter at 10 years has a negative correlation with the branch structure at 21 years of -0,681.

Keywords: *Betula pendula*, genetic gain, genetic parameters, growth, quality, correlation

# 1. INLEDNING

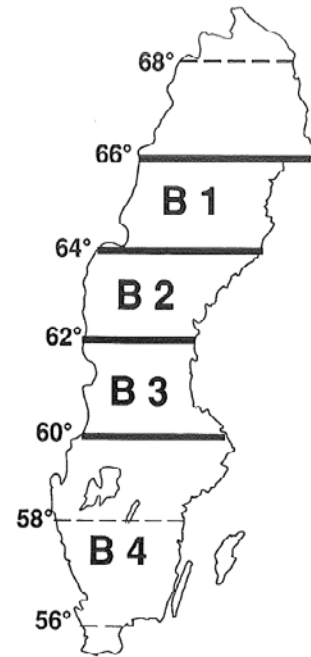
## 1.1 Bakgrund

1989 arbetade institutet för skogsförbättring (nu Skogforsk) fram en ny övergripande plan för björkförädlingen. Detta som en följd av det ökade intresset för björk som växt fram under 80-talet, bland annat av miljöskäl, en större efterfrågan på lövmassa och ett överskott på jordbruksmark (Danell & Werner 1989).

Planen innefattade tre sakliga förädlingsmål.

- *Snabb etablering och tidig höjdotveckling. Härigenom minskar risken för viltskador och hämmande konkurrens från gräs m.m.*
- *Högre torrsubstansproduktion av stamved per hektar. Produktionsökningen skall gälla för omloppstider om 35-60 år och bör ske genom ökad tillväxthastighet med bibehållen lövfällnings- och invintringstidpunkt*
- *Bättre vikeskvalitet (rakhet, enkelstammighet, tidig kvistrensning och ev. kvistvinkel). Kvaliteten skall i första hand förbättras för material för södra Sverige (Danell & Werner 1989, s. 28).*

Förädlingen baseras på sammanlagt 1100 plusträd från sju olika utgångspopulationer, fem svenska och två utländska. De svenska plusträden har valts ut i naturliga bestånd och i äldre avkommeförsök. Urvalet har skett i odlingszoner enligt Figur 1 och materialet i denna studie kommer från ca 400 plusträd med huvudsakligt ursprung ur zon B1 och B2.



**Figur 1.** Odlingszoner – Förädlingspopulationer

*Figure 1. Hardiness zone - breeding populations*

## 1.2 Skogsträdsförädling

Skogsträdsförädling är en väldigt praktisk verksamhet som kräver ett långsiktigt arbete med ett cykliskt förlopp av återkommande moment: urval, korsning och prövning. Det första urvalet sker i skogen där träd med goda egenskaper så kallade plusträd väljs ut för genetisk prövning. Egenskaperna som mäts vid förädling av träd är oftast av den typen att många olika gener spelar in på effekten av egenskapen, så kallade kvantitativa egenskaper. För att studera sådana egenskaper i förädlingssyfte använder man sig av kvantitativ genetik som går ut på att man delar upp det fenotypiska uttrycket (P) hos en egenskap i genetisk (G) och miljömässiga effekter (E) (Eriksson & Ekberg 1997).

$$P=G+E$$

Att skilja dessa två effekter, genetisk och miljömässig, från den fenotypiska, är omöjligt för en enskild trädindivid. För att kunna göra detta krävs genetiska tester av typen klontester eller avkommeprövning. Avancerade statistiska analyser kan sedan skilja den totala variationen på flera olika variationskomponenter, vilket är nödvändigt för att kunna skatta genetiska parametrar som heritabilitet, genetisk vinst, genetisk korrelation och miljö-korrelation. Det är dessa parametrar som används för att kunna utvärdera materialet och fortsätta förädlingen med korsning.

Heritabilitet eller arvbarhet anger proportionen av den totala variationen (fenotypisk variation) för en egenskap som styrs av genetiken (genetisk variation) (Eriksson & Ekberg 1997). Det skattas för en population och anges som ett värde mellan noll och ett, där noll innebär att variationen helt beror på miljön och ett att den ärvt helt från föräldrarna. Höga värden på heritabiliteten gör det enkelt att göra framsteg i förädlingen.

Variationskoefficient är kvoten av standardavvikelsen och medelvärdet uttryckt i procent. Det används för att jämföra variationen hos olika egenskaper.

Genetisk vinst från en generation till en annan är produkten av heritabiliteten, selektionsintensiteten och den fenotypiska standardavvikelsen (McKinley & Van Buijtenen, 1998). Selektionsintensiteten är ett mått på vilken inverkan olika urvalsproportioner har på den genetiska vinsten.

Genetisk korrelation är en viktig parameter när det kommer till förädling eftersom den ger en skattning på i vilken grad samma gener påverkar olika egenskaper. I förädling med syfte att utveckla flera olika egenskaper kan det vara avgörande hur den genetiska korrelationen uttrycker sig. Skattningen bygger på kvoten av den additiva genetiska kovariansen mellan två egenskaper och produkten av de två standardavvikelsena (Lynch & Walsh 1998).

Genotyp-miljösamspel är ett mått på i vilken grad flera material rankar sig olika i olika miljöer och används för att bedöma behovet av olika material för olika miljöer. Det är likt genetisk korrelation kvoten av den miljömässiga korrelationen mellan två populationer och produkten av deras standardavvikelse. I praktisk skogsodling önskas låga värden på genotyp-miljösamspel och det tyder på ett litet samspel mellan miljön och generna och gör att samma material kan användas i olika miljöförhållanden (Rosvall et al. 2010).

### **1.3 Forskning**

Tidigare forskning har visat på positiva förädlings resultat hos björk. Efter försök i södra Sverige med klonprövningen har man kommit fram till att tillväxt, trä- och fiberegenskaper är under stark genetisk kontroll med heritabiliteten varierande mellan 0,43 och 0,73 (Stener & Hedenberg 2003). För stamegenskaper var heritabiliteten låg förutom för antal grenar. Ett annat försök med kloner och avkommor visade liknande resultat för tillväxten och stamegenskaperna. Det försöket visade också på stark genetisk ålderkorrelation mellan fyra och tio år för raket, grenkvalitet och höjdtutveckling. Korrelationen varierade från 0,65 ända upp till 0,9 vilket tyder på att korta testperioder kan användas (Stener & Jansson 2005). Uppskattad arealproduktionen (planthöjd x diameter x överlevnad) för förädlad björk gjord av Rosvall m.fl. (2001) demonstrerar en ökning från lokalt oförädlad material mot förädlad med

ca 10 % 2000 och en prognos om nästa generation klar 2015 med nästan 30 % ökning av arealproduktionen. I Finland har man förädlat björk längre och har nu fröplantager som ger 29 % högre stamvolym gentemot oförädlad material (Poykko 2008). Ett försök i södra och centrala Finland planterat med materialet som ger 29 % högre volym kollade också på vissa kvalitetsegenskaper. Den relativa kvistjockleken minskade med ca 8 %, antal gren var den samma och klykor ökade med 9% i centrala Finland (Hagqvist & Hahl 1998).

## **1.4 Syfte**

Syftet med denna studie är att undersöka möjliga förbättringar av vårtbjörk utifrån mätningar av ett försök med halvsyskonfamiljer av björk. Detta genom att beräkna heritabilitet, variationskoefficienten och genetisk vinst för egenskaperna diameter, rakhet/apikaldominans, grenkvalitet, vitalitet och höjd. Dessutom prövas olika korrelationen för egenskaperna. Baserad på tidigare presenterad forskning är min hypotes att höjd och diameter är det som kommer vissa största potentiella vinst och därmed tala för goda förädlingsmöjligheter.



## 2. MATERIAL OCH METOD

### 2.1 Material

Materialet i denna studie kommer ursprungligen ifrån frön från öppen pollinering av 378 plusträd. Från varje plusträd har cirka 28 plantor planterats och den öppna eller okontrollerade pollineringen gör dem till halvsyskon det vill säga mamman är känd men pappan är okänd.

Plantorna var ett år gamla när de planterades i försöket (Tabell 1) med en fullständigt randomiserad design.

**Tabell 1.** Försöksdata för försöket

*Table 1. Experimental data for the experiment*

---

Försöksnummer	S23F9230533
Län	Norrbottn
Ort	Avan, Luleå
Lat-, Longitud, Höh	65,7°N, 21,77°E, 5 m.ö.h.
Ägoslag	F.d. åkermark
Antal familjer	378
Antal upprepningar	28
Planttyp	1/0
Förband	2 x 2 m
Försöksplan	Fullständigt randomiserat
Åtgärder	1991-09: Åkern harvas 1992-06: Ogräsbekämpning, Roundup 1992-06: Plantering 1992-09: Besprutning mot betning, Dendrocol 2001-06-05: Mätning av höjd, diameter, raket, grenstruktur, klykor och skador 2005-09: Röjning 2012-05: Gallring 2012-05-25: Mätning av diameter, raket/apikaldominans, grenstruktur och skador.

---

## 2.2 Mätningar

Mätningarna av materialet är utförda av Skogforsk vid 10 och 21 års ålder i fält.

Egenskaperna diameter, höjd, vitalitet, rakhet, klykor, grenstruktur, rakhet/ apikal dominans (Tabell 2) mättes. Diameter och höjd mättes objektivt vid både 10 och 21 års ålder för alla individer med undantag för höjd vid 21 års ålder där endast ett fåtal träd mättes. Vitaliteten och kvalitetsegenskaperna bedömdes utifrån vissa kriterier i olika klasser (Tabell 2).

Grenstruktur vid 10 års ålder bedömdes ovan brösthöjd i klasserna 1-9 (från 1 = klena, få, rätvinkliga grenar till 9 = grova, många, spetsiga grenar). Grenstruktur är en sammanvägd bedömning av trädets grenighet via grengrovlek (bedömningsvikt = 75 %) och grenantal samt vinkel (bedömningsvikt = 25 %). Lägre kod är klenare, färre och rätvinkligare grenar. Bedömningen sätts i relation till trädets diameter, det vill säga en och samma grengrovlek kan klassas som en 3:a på ett grovt träd men som en 7:a på ett klen träd.

Rakhet och apikal dominans där dubbelstam, klykor, sprötkvist som alla mer eller mindre orsakas av problem med genomgående huvudstam vägs in vid bedömningen. Görs i 9 klasser där 1 = mycket defekt d.v.s. krokigt och/eller stora problem med apikal dominans, ... 5 = godkänt ... och där 9 = spikrak och helt utan problem med apikal dominans (inga klykor, spröt eller dylikt som antyder problem med genomgående huvudstam). Egenskaperna bedöms utifrån möjlighet till produktion av timmer och från ca 1 meters höjd till näst sista eller två sista års-skotten.

Grenstrukturen vid 21 års ålder har ändrats en aning från vid 10 års ålder, främst är skalan omvänd nu. Egenskapen anger grenigheten d.v.s. en sammanvägd bedömning av grengrovlek, grenantal och grenvinkel och klassas i 9 klasser där 1=många, grova och spetsvinklade grenar, ... 5=godkänt ... och där 9=få, klena och rätvinklade grenar. Egenskapen bedöms utifrån möjlighet till produktion av timmer och då är grengrovlek av störst betydelse. Bedömningen avser från cirka 1 meters höjd till näst sista eller två sista årsskotten.

**Tabell 2.** Egenskaper som ingår i analysen, förkortningar och beskrivning  
**Table 2.** Characteristics included in the analysis, abbreviations and description

<b>Egenskap</b>	<b>Förkortning</b>	<b>Beskrivning</b>
Höjd	H(10) H(21)	Totalhöjd i decimeter vid 10 respektive 21 års ålder.
Diameter	D(10) D(21)	Diameter i millimeter vid bröst höjd, 1,3 meter.
Vitalitet	V(10) V(21)	Vitaliteten vid 10 respektive 21 års ålder bedöms utifrån fyra klasser: 3=Vitalt träd eller obetydlig nedsättning av vitaliteten. 2=Betydande nedsättning av vitaliteten. 1=Svår nedsättning av vitaliteten 0=Döda, döende eller saknade träd
Rakhet	Rak	Bedömning av stamraketten vid 10 års ålder ovan bröst höjd i sex klasser, från 1=spikrak till 6=mycket krokig
Klykor	Kly	Antal klykor ovan bröst höjd vid 10 års ålder. En klyka är en gren vars diameter är minst 1/3 av stamdiametern ovan klykan.
Grenstruktur	Gre(10)	Bedömning av grenstrukturer ovan bröst höjd vid 10 års ålder i nio klasser, från 1= få, klana och rätvinklade grenar till 9= många, grova och spetsvinklade grenar
Rakhet/Apikal dominans	RAA	Bedömning av raketten och apikal dominans vid 21 års ålder i nio klasser, från 1=mycket defekt till 9=spikrak
Grenstruktur	GRE(21)	Anger genigheten vid 21 års ålder i nio klasser, från 1=många, grova och spetsvinklade grenar till 9=få, klana och rätvinklade grenar

## 2.3 Metod

Den statistiska analysen av materialet är baserad på individuella trädobservationer enligt en mixad linjär modell:

$$y_{ijkl} = \mu + b_i + f_l + c_j + e_{ijkl}$$

där  $y_{ijk}$  = observation  $k$  i ruta  $i$  för avkomma  $j$  från proveniens  $l$ ,  $\mu$  = medel värde för  $y$ ,  $b_i$  = fast effekt av ruta  $i$ ,  $f_l$  = fast effekt av proveniens  $l$ ,  $c_j$  = slumpmässig effekt av avkomma  $j$  och  $e_{ijkl}$  = slumpmässigt fel av observation  $ijkl$ .

Den mixade linjära modellen används för att uppskatta varianserna för  $c$  och  $e$  för samtliga egenskaper. Till det användes programmet ASReml (Gilmour et al. 2009) som bygger på REML (restricted maximum likelihood) metoden som genom en upprepande process söker efter uppskattningar av varianskomponenterna som maximerar sannolikheten för att de observerade data kom från en given sannolikhetsfördelning i detta fall en multivariat normalfördelning (White et al. 2007).

Variationskomponenterna tolkades som  $\sigma_A^2 = 4\sigma_c^2$ ,  $\sigma_E^2 = \sigma_e^2 - 3\sigma_c^2$  och  $\sigma_P^2 = \sigma_e^2 + \sigma_c^2$  där  $\sigma_A^2$  = den additiva variansen motsvarigheten till den genetiska variansen när det handlar om halvsyskon,  $\sigma_E^2$  = den miljömässiga variansen och  $\sigma_P^2$  = den fenotypiska variansen.

Heritabilitet beräknades som

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_P^2$$

där den additiva variansen  $\sigma_A^2 = 4\sigma_c^2$  och den fenotypiska variansen  $\sigma_P^2 = \sigma_e^2 + \sigma_c^2$

Fenotypisk variationskoefficienten  $CV_P$  beräknades som

$$CV_P = \frac{\sqrt{\sigma_P^2}}{\mu} * 100$$

där  $\sigma_P^2$  = fenotypisk varians och  $\mu$  = medelvärde

Additiva variationskoefficienten  $CV_A$  beräknades som

$$CV_A = \frac{\sqrt{\sigma_A^2}}{\mu} * 100$$

där  $\sigma_A^2$  = additiv varians och  $\mu$  = medelvärde

Genetisk vinst beräknades som

$$\Delta G = h^2 * i * \sigma_P$$

där  $h^2$  = heritabiliteten,  $\sigma_P$  = den fenotypiska standardavvikelsen och  $i$  = selektionsintensiteten.

Selektionsintensitet som användes i uträkningarna av genetisk vinst (Tabell 3) (Wricke & Weber 1986).

**Tabell 3.** Selektionsintensiteten  $i$  beroende på olika urvalsdelar  $\alpha$

*Table 3. Selection intensity  $i$  depending on the selection fraction  $\alpha$ .*

$\alpha$	$i$
1%	2.665
2%	2.421
5%	2.063
10%	1.755
20%	1.400

Den fenotypiska korrelationen mellan egenskaper  $r_p$  beräknas som

$$r_p = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

där  $Cov(X, Y)$ = den fenotypiska kovariansen mellan egenskap X och Y,  $\sigma_X$ = standardavvikelsen för egenskapen X och  $\sigma_Y$ =standardavvikelsen för egenskapen Y

Den additiva genetiska korrelationen mellan egenskaper  $r_A$  som

$$r_A = \frac{Cov(A1, A2)}{\sigma_{A1} \sigma_{A2}}$$

där  $Cov(A1, A2)$ = den additiva genetiska kovariansen mellan egenskap A1 och A2,  $\sigma_{A1}$ = roten ur den genetiska variansen för egenskapen A1 och  $\sigma_{A2}$ =roten ur den genetiska variansen för egenskapen A2.

### 3. RESULTAT

#### 3.1 Heritabilitet

Den erhållna heritabiliteten var signifikant för samtliga egenskaper. Flera egenskaper har hög heritabilitet och en grupp av egenskaper som urskiljer sig är tillväxtegenskaperna diameter (D(10) och D(21)) och höjd (H10) som alla har över 0,312 (Tabell 4). Kvalitetsegenskaperna har inte lika entydigt resultat där grenstrukturen och raketten, båda vid 10 år, har en tydlig heritabilitet 0,237 respektive 0,140 medan klykor, raket/ apikal dominans och grenstruktur vid 21 års ålder har låg heritabilitet (<0,1).

**Tabell 4.** Medelvärde  $\mu$ , fenotypisk varians  $\sigma_p^2$ , fenotypiska variationskoefficienten  $CV_p$ , additiv varians  $\sigma_A^2$ , additiva variationskoefficienten  $CV_A$  och heritabilitet  $h^2$  för samtliga egenskaper (förkortningar enligt Tabell 2).

*Table 4. Mean  $\mu$ , phenotypic variance  $\sigma_p^2$ , phenotypic coefficient of variation  $CV_p$ , additive variance  $\sigma_A^2$ , additive coefficient of variation  $CV_A$  and heritability  $h^2$  for all traits (abbreviations according to Table 2).*

<b>Egenskap</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\sigma_p^2</math></b>	<b><math>CV_p</math></b>	<b><math>\sigma_A^2</math></b>	<b><math>CV_A</math></b>	<b><math>h^2</math></b>
H(10)	46,8	348,92	38,29	27,24	11,14	0,312
D(10)	54,3	322,56	30,55	47,13	12,64	0,584
D(21)	137,1	759,57	18,56	111,71	7,71	0,588
V(10)	2,6	0,80	34,02	0,03	7,05	0,165
V(21)	1,8	1,59	64,84	0,17	22,65	0,435
Klyk	0,9	0,61	88,81	0,01	13,07	0,085
Gre(10)	5,0	0,68	16,09	0,04	4,03	0,237
Rak	1,9	0,30	28,58	0,01	5,45	0,140
RAA	5,0	2,68	32,16	0,06	4,74	0,085
GRE(21)	4,9	1,74	26,49	0,04	4,22	0,099

## 3.2 Genetisk vinst

Genetisk vinst för olika selektionsintensiteter (Tabell 5) visar likt heritabiliteten grupper med liknade procentuell vinst, tillväxtegenskaperna diameter (D(10) och D(21)) och höjd (H10) ligger över 20 % vinst vid ett urval av de bästa 10 %. För D(10) vid ett urval på 10 % är den genetiska vinsten 34 % vilket motsvarar en 18 mm större diameter än medeldiameter i försöket. Vitaliteten visar stor skillnad mellan 10 och 21 år och väldigt högt för V(21) 52 % högre överlevnad vid ett urval av de 10 % bästa. Kvalitetsegenskaperna har lägre vinst, ca 5 %, förutom Klyk som har 13 % mindre klykor vid ett urval på 10 %. GRE(21) har lägst vinst, 4,67 % bättre grenighet.

**Tabell 5.** Genetisk vinst och procentuell ökning för egenskaperna (Förkortningar enligt Tabell 2) för olika urvalsandelar.

*Table 5. Genetic gain and percentage increase for traits (abbreviations according to Table 2) for different selection proportions.*

Urvalsandel i %		1	2	5	10	20
Selektionsintensitet		2,665	2,421	2,063	1,755	1,4
H(10)	Vinst (dm)	15,55	14,12	12,03	10,24	8,17
	%	33,19	30,15	25,69	21,86	17,44
D(10)	Vinst (mm)	27,97	25,41	21,65	18,42	14,70
	%	51,49	46,77	39,86	33,91	27,05
D(21)	Vinst (mm)	43,21	39,25	33,45	28,45	22,70
	%	31,51	28,62	24,39	20,75	16,55
V(10)	Vinst (*)	0,39	0,36	0,30	0,26	0,21
	%	15,26	13,86	11,81	10,05	8,02
V(21)	Vinst(*)	1,46	1,33	1,13	0,96	0,77
	%	79,62	72,33	61,63	52,43	41,82
Klyk	Vinst (st)	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09
	%	20,30	18,44	15,71	13,37	10,66
Gre(10)	Vinst (*)	0,52	0,47	0,40	0,34	0,27
	%	10,46	9,50	8,10	6,89	5,49
Rak	Vinst (*)	0,20	0,19	0,16	0,13	0,11
	%	10,87	9,87	8,41	7,16	5,71
RAA	Vinst (*)	0,37	0,34	0,29	0,24	0,20
	%	7,38	6,70	5,71	4,86	3,87
GRE(21)	Vinst (*)	0,35	0,32	0,27	0,23	0,18
	%	7,09	6,44	5,48	4,67	3,72

\* Vinst uttrycks som bättre värde på egenskapens respektive skala.

### 3.3 Korrelation

Korrelationen mellan tillväxt, inom tillväxt och mellan vitalitet är alla starka, upp mot 0,9 (Tabell 6 (a) och (b)) undantag för V(10) som har svagare additiv korrelation med diametern 0,281 respektive 0,170 och 0,003 respektive 0,029 fenotypisk korrelation. Antal klykor vid år tio korrelerar bra med övriga kvalitetsegenskaper, speciellt Kly mot raket (Rak och RAA) 0,777 respektive -0,714 (negativ på grund av olika skalor) (Tabell 6(c)). För den fenotypiska korrelationen ses inte samma storleksklass men samma mönster som för den additiva korrelationen (Tabell 6(d)). Tillväxt korrelerar bra med kvalitén vid tio års ålder ger högre tillväxt också bättre kvalitet, H(10) mot Rak, -0,455 (Tabell 6(e)). Vid 21 års ålder är korrelationen den motsatta bättre tillväxt ger sämre kvalitet, speciellt diametern D(21) mot Gre(21) -0,595 (Tabell 6(e)).

**Tabell 6.** Additiva och fenotypiska korrelationsskattningar mellan olika egenskaper. Fet stil indikerar signifikant korrelation ( $p < 0,05$ ). Förkortningar enligt tabell 2.

**Table 6.** Additive and phenotypic correlation estimates between different traits. Bold figures indicate significant correlation ( $p < 0,05$ ). Abbreviations according to Table 2.

**Tabell 6 (a).** Additiva korrelationen mellan tillväxt egenskaper och vitalitet

**Table 6 (a).** Additive correlation between growth traits and vitality

<b>Egenskap</b>	<b>D(10)</b>	<b>D(21)</b>	<b>V(10)</b>	<b>V(21)</b>
H(10)	<b>0,951</b>	<b>0,871</b>	<b>0,766</b>	<b>0,829</b>
D(10)		<b>0,941</b>	<b>0,281</b>	<b>0,917</b>
D(21)			0,170	<b>0,754</b>
V(10)				<b>0,170</b>

**Tabell 6(b).** Fenotypiska korrelationen mellan tillväxt egenskaper och vitalitet

**Table 6(b).** Phenotypic correlation between growth traits and vitality

<b>Egenskap</b>	<b>D(10)</b>	<b>D(21)</b>	<b>V(10)</b>	<b>V(21)</b>
H(10)	<b>0,873</b>	<b>0,581</b>	<b>0,862</b>	<b>0,811</b>
D(10)		<b>0,778</b>	<b>0,003</b>	<b>0,740</b>
D(21)			<b>0,029</b>	<b>0,092</b>
V(10)				<b>0,620</b>

**Tabell 6 (c).** Additiva korrelationen mellan kvalitetsegenskaper

**Table 6(c).** Additive correlation between quality traits

<b>Egenskap</b>	<b>Rak</b>	<b>Gre(10)</b>	<b>RAA</b>	<b>GRE(21)</b>
Kly	<b>0,777</b>	<b>0,384</b>	<b>-0,714</b>	-0,148
Rak		0,207	<b>-0,516</b>	0,013
Gre(10)			<b>-0,272</b>	<b>-0,578</b>
R0AA				0,070



**Tabell 6(d).** Fenotypiska korrelationen mellan kvalitetsegenskaper*Table 6(d). Phenotypic correlation between quality traits*

<b>Egenskap</b>	<b>Rak</b>	<b>Gre(10)</b>	<b>RAA</b>	<b>GRE(21)</b>
Kly	<b>0,307</b>	<b>0,278</b>	<b>-0,162</b>	<b>-0,052</b>
Rak		<b>0,189</b>	<b>-0,142</b>	<b>-0,017</b>
Gre(10)			<b>-0,104</b>	<b>-0,214</b>
RAA				<b>0,056</b>

**Tabell 6 (e).** Additiva korrelationen mellan tillväxtegenskaper, vitalitet och kvalitetsegenskaper*Table 6(e). Additive correlation between growth traits, vitality and quality traits*

<b>Egenskap</b>	<b>Kly</b>	<b>Rak</b>	<b>Gre(10)</b>	<b>RAA</b>	<b>GRE(21)</b>
H(10)	<b>-0,421</b>	<b>-0,455</b>	<b>0,042</b>	-0,228	<b>-0,521</b>
D(10)	<b>-0,252</b>	-0,175	0,166	<b>-0,400</b>	<b>-0,681</b>
D(21)	<b>-0,265</b>	-0,129	0,384	-0,153	<b>-0,595</b>
V(10)	0,215	<b>-0,448</b>	<b>0,103</b>	-0,142	-0,236
V(21)	<b>-0,397</b>	<b>-0,314</b>	<b>0,127</b>	-0,041	<b>-0,476</b>

**Tabell 6 (f).** Fenotypisk korrelationen mellan tillväxtegenskaper, vitalitet och kvalitetsegenskaper*Table 6(f). Phenotypic correlation between growth traits, vitality and quality traits*

<b>Egenskap</b>	<b>Kly</b>	<b>Rak</b>	<b>Gre(10)</b>	<b>RAA</b>	<b>GRE(21)</b>
H(10)	<b>-0,153</b>	<b>-0,092</b>	<b>-0,042</b>	<b>-0,051</b>	<b>-0,122</b>
D(10)	<b>-0,034</b>	<b>-0,048</b>	<b>0,142</b>	<b>-0,174</b>	<b>-0,286</b>
D(21)	<b>0,023</b>	<b>0,033</b>	<b>0,198</b>	<b>-0,110</b>	<b>-0,377</b>
V(10)	<b>0,036</b>	<b>-0,003</b>	<b>0,000</b>	<b>-0,008</b>	<b>-0,023</b>
V(21)	<b>-0,136</b>	<b>-0,106</b>	<b>0,010</b>	<b>0,004</b>	<b>-0,045</b>

## 4. DISKUSSION

Föreliggande studies huvudsyfte var att undersöka förbättringar av vårtbjörk utifrån ett avkommeförsök. Resultatet visar på att det finns möjligheter att förbättra björken i alla testade egenskaper. Tillväxt har större möjlighet än kvalitet och vitalitet, men alla visade positiv och signifikant arvbarhet och genetisk vinst. Problem uppstår dock när man vill förädla på både tillväxt och kvalitet, då de sällan korrelerade önskvärt med varandra i denna studie.

De höga värdena jag har fått i mina resultat kan till en viss del vara en överskattning. Heritabiliteten är ett relativt mått som beror på vilka familjer som testats och under vilka miljöförhållande (Eriksson & Ekberg 1997). Denna studie bygger på försök vid en lokal med homogen miljö och då kan man inte utesluta miljöns påverkan på heritabiliteten eller som White et al. (2007 s.126) säger ”uppskattningar av heritabiliteten erhållna från fältförsök planterade på en enda fältlokal är alltid ensidigt överskattade”. Någon skattning av felet har inte gjorts men jämförelser med andra studier tyder på mindre fel. Missvisande värden av heritabiliteten gör även att den genetiska vinsten får samma fel. Utförda åtgärder i försöket har troligtvis också spelat in på resultatet. Försöket har både röjts och gallrats mellan första och andra mätningen, vilket har mer än halverat stamantalet utan att ta hänsyn till de olika familjer som finns presenterade i försöket. Något som troligtvis missgynnar familjer med sämre egenskaper och ger överskattningar av värden från beräkningarna av 21 års mätningar. Bedömningen av kalitetegenskaper är till stor del subjektiv, även om den har kriterier. Något som inte spelar någon roll så länge man är konsekvent i sin bedömning. För det är variationen som används i beräkningarna. Vid de två mättillfällen har olika personer gjort bedömningarna, en möjlig källa för fel när det kommer till att jämföra dem. Även det att olika skalor på bedömning använts, kan ha spelat in, och har, om inte annat, rört ihop korrelationstabellen

Vitalitetens heritabilitet var 0,165 vid tio års ålder och 0,435 vid 21 års ålder (Tabell 4). En stor ökning, som troligen har sin förklaring i åtgärderna som gjorts i experimentet, röjning och gallring. Vitaliteten är den enda egenskapen i detta försök som visar en betydande förändring mellan 10 och 21 års mätningar.

En studie i södra Sverige fick fram liknande nivå på heritabiliteten för överlevnad. På 12 försökslokaler varierade den mellan 0 och 0,22 och ett medel på 0,10 (Stener & Jansson, 2005). Ett närbesläktat försök i Burträsk som till stor del har samma material som detta försök, det försöket har ca 200 familjer utöver de gemensamma familjerna, visade heritabilitet på överlevnad vid åtta år på hela 0,69 (Stener & Wennström, 2000).

Tillväxtsegenskaperna är starkt miljöberoende och materialet i studien kom från vilt skilda miljöer. Modellen har individens ursprungsproveniens som fast effekt och bör minimera effekten av förflyttningen. Jämfört med Burträsk låg heritabiliteten för höjd på 0,29 (Stener & Wennström, 2000). En studie i södra Finland med 12 årig björk, fick heritabilitetsvärden på 0,32 för höjd och 0,31 för diameter (Nepveu & Velling, 1983). Stener och Janssons (2005)

större studie i södra Sverige har medel värde på 0,32 för höjd och 0,32 för diametern. Höjdens heritabilitet stämmer väl överens med mina 0,312. Diameterns heritabilitet har en större skillnad för medelvärdet från Stener men inte mot vissa försökslokaler i det försöket som också vissa värden upp mot 0,59.

Kvalitetsegenskaperna Klyk, RAA och GRE(21) har låg nivå på heritabilitet under 0,1 (Tabell 4) något som gör det svårt att förädla mot. Nivåer som kan ses oanvändbara men viktigt att inte glömma att de likväl påverkar. Försöket i södra Sverige behandlar liknande kvalitetsegenskaper och där har heritabiliteten värden på 0,11 för rakhet, 0,16 för rakhet och apikaldominans, 0,35 för grenkvalitet (Stener & Janssons, 2005). I Burträsk är värdena 0,39 för rakhet, 0,06 för klykor och 0,17 för grenkvaliteten (Stener & Wennström, 2000). Ett Litauiskt försök fick fram addativa variations koefficienter för rakhet 15,1 % och grenkvalitet på ca 10 % (Baliuckiene & Baliuckas, 2006), en bra bit över mina värden på 5,5% respektive 4 %.

Korrelation mellan tillväxtegenskaperna är alla höga, upp mot 0,9. Jämförelse med Stener & Jansson (2005) som för H(10) mot D(10) ligger på 0,58 upp till 0,92 medan jag ligger på 0,951 för samma. Mellan ålder på kvalitetsegenskaper tar deras rapport endast upp korrelationer mellan fyra, sex och tio års ålder. De korrelationerna är starka, alla över 0,7. Mina korrelationer för tio års värden jämfört med 21 års tyder på att sambandet avtar men fortfarande är högt, 0,516 för Rak mot RAA och 0,578 för Gre(10) mot GRE(21) (Tabell 6 (c)). Något som stärker användandet av unga åldra för urval till vidare förädling. Korrelationerna tillväxt och kvalitet är genomgående önskvärda vid 10 års ålder mellan 0,2 och 0,4 (Tabell 6(e)). Vid 21 års ålder är det raka motsatsen med värden varierande från -0,2 till -0,7. I fyra försök i södra Sverige varierar liknande korrelationen än mer, från -0,7 till 0,7 (Stener & Jansson, 2005) för samma egenskap på två olika lokaler. Liknande spridning är det för alla kvalitetsegenskaper mot höjd och diameter.

Slutsatsen är att det finns goda möjligheter att förbättra björkens egenskaper. Tillväxten visar bättre möjlighet att kunna göra snabba framsteg. Kvaliten har lägre och mer oregelbundna värden för att hoppas på stora framsteg i den snaraste framtiden. Att kombinera tillväxt med kvalitet i förädling ses i dagsläget som svårt.

## REFERENSER

Baliuckiene, A. & Baliuckas, V. 2006. Genetic variability of silver birch ( *Betula pendula* L.) wood hardness in progeny testing at juvenile age. *Baltic Forestry*, 12.

Danell, Ö. & Werner, M. (1989). Förädlingsplan för björk. Årsbok. Uppsala: Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för Skogsförbättring.

Eriksson, G. & Ekberg, I. (1997) Skogsgenetik – en introduktion Uppsala: SLU/Repo

Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis, B.R., and Thompson, R. 2009 *ASReml User Guide Release 3.0* VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK  
[www.vsn.co.uk](http://www.vsn.co.uk) [2013-05-20]

Hagqvist, R. & Hahl, J. 1998. Genetic gain provided by seed orchards of silver birch in Southern and Central Finland. Rauduskoivun siemenviljelysten jalostushyöty etela- ja keski-suomessa. Metsänjalostussäätiön Tiedonantoja.

Lynch, M. & Walsh, B. (1998) *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

McKinley C.R and J.P., Van Buijtenen (1998) : Principles and techniques of selection in tree breeding. *In Forest Genetics & Tree Breeding Edited by A.K Mandal and G.L Gibson*. CBS Publishers and Distributors, New Delhi

Nepveu, G. & Velling, P. (1983). Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*. *Folia Forestalia* , 575, 1/21.

Rosvall, O., Andersson, B., Högberg, K.-A., Stener, L.-G., Jansson, G., Almqvist, C. & Westin, J.(2010) Skogsträdsförädling. Skogsskötselserien del 19. Tillgänglig på:  
[www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien). [2013-05-25]

Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. Skogforsk, Redogörelse 1, 2001, 41 s.

Poykko, S. 2008. Finnish birch seed production 1970-2007, Uppsala, Sweden, SLU/Publikationstjänst.

Stener, L.-G. & Hedenberg, Ö. (2003) Genetic Parameters of wood, fibre, steam quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*

Stener, L.-G. & Jansson G. (2005) Improvement of *Betula pendula* by clonal and progeny testing of phenotypically selected trees

Stener, L.-G. & Wennström, U. (2000). Plusträdskloner av björk valda i Norrland. (Avelsvärden Nr 75).

White, T.L., Adams, W.T. & Neale, D.B. (2007) *Forest Genetics*. Wallingford: CABI Publishing

Wricke, G. & Weber, E. (1986) *Quantitative genetics and selection in plant breeding*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.

## Bilaga 1 Program för beräkningar i ASReml

```
Title: AVAN2.
Stem_id 8686 !P
Pappa
Sortnr 374 !I #Familj/mamma
Proven !I
Ruta 147
Dia_10
Hjd_10
Klyk_10
Kval_10
Rak_10
Vit_10
DIA_21
SDIA_21
H21
RAA_21
KVA_21
Vit_21
Hjd_2
# Check/Correct these field definitions.
AVAN2.asd !SKIP 1 !MAKE
AVAN2.asd !SKIP 1 !MVREMOVE !DOPATH !AISINGULARITIES !MAXIT
55 $1
!DOPATH 3

!PATH 1
Hjd_2 ~ mu Proven Ruta !r Stem_id # modell för en egenskap

!PATH 2
Hjd_2 ~ mu Proven Ruta !r Sortnr

!PATH 3
RAA_21 KVA_21 ~ Trait Tr.Proven Tr.Ruta !r Tr.Sortnr #
Stem_id ger "Tree Model", Sortnr ger "Family model" _ Modell
för en egenskap
1 2 1
0 0 IDEN
Tr 0 US !+3
0
0.001 0.001
Tr.Sortnr 2
Tr 0 US !+3
0.007
0 0.003 !GUUU
Sortnr 0 IDEN
```