

Tillväxt och densitet för kloner av hybridasp och poppel

RESULTAT FRÅN ETT FÖRSÖK I REMNINGSTORP, VÄSTRA GÖTALAND

Growth and density of hybrid aspen and poplar clones

Results from a trial at Remningstorp, Västra Götaland



FOTO: LARS-GÖRAN STENER/SKOGFORSK

Summary

The study is based on a 10-year-old field trial in southern Sweden (Remningstorp, 58°16'N, 13°22'E, 133 m), including 81 hybrid aspen and 26 other poplar clones. Growth was measured in 2013, 2016 and 2018, i.e. after 4, 7 and 9 years of growth in field. In 2018, additional measurements using a pilodynne were carried out on all trees, to record how far a blunt needle applied with a specific pressure could penetrate the wood surface. Basic density and stem biomass were estimated for each tree, based on data from bore cores taken from a sample of trees.

Growth was generally high, with a mean height growth of 14 dm per year. The mean basic density was around 355 kg per m³ for both hybrid aspen and poplars.

The genetic control (heritability, H²) was strong, especially for basic density, and the genetic variation was intermediate-to-high for height and diameter. This indicates a good basis for selection of well-performing clones in terms of volume growth. However, the low genetic variation for basic density indicates limited possibilities for genetic improvement of wood density.

The genetic correlation between diameter and basic density was around zero for hybrid aspen and intermediate negative for poplar. Several other studies have shown intermediate negative correlations for both species, i.e. the higher the diameter growth, the lower the wood density. This means that basic density will be indirectly reduced if the selection of clones is only based on diameter. A negative relationship between diameter and basic density is a complicating factor in practical breeding, and should therefore be the subject of more detailed studies. There were strong genetic correlations between height and diameter measured after 4, 7 and 9 years. This verifies previous results showing that highly productive hybrid aspen clones can be reliably selected after quite a short time in field tests. However, final selection should not take place until there is reliable information about clonal resistance to canker, which can normally be observed after 10 years of growth.

Selection of the best clones was basically the same, irrespective of whether the selection criterion was diameter, stem volume or biomass (stem volume x basic density). The impact of basic density on the selection therefore seems to be marginal. This can mainly be explained by a small genetic variation for basic density compared to, for instance, diameter.

The number of sampled trees used for boring wood cores to determine the basic density was rather small. This resulted in poor precision of the clonal values and probably reduced the genetic variation. This supports the need for complementary studies where pilodynne measurements and basic density are studied more fully, with the aim of enabling optimal selection of high yielding clones.

The results do not challenge previous estimations of the potential biomass production for selected hybrid aspen and poplar clones of 10 tons stem wood per ha and year over a period of 25 years on fertile soils in southern Sweden. However, potential for even higher growth is indicated by a clonal selection of the very best clones originating from Sweden, Latvia and Germany.



Förord

Hybridaspens och poppelns höga produktionspotential gör dem till intressanta odlingsalternativ i Sverige. Urvalet av bra hybridasp- och poppelkloner till skogsbruket har hittills baserats på överlevnad, vitalitet och tillväxt med avseende på höjd och diameter. Kunskapen om klonernas veddensitet som bland annat är av betydelse för produktionen av biomassa är dock bristfällig. Stora skillnader i veddensitet kan bland annat förändra urvalet av de kloner som rekommenderas till skogsbruket. Denna studie är tänkt att ge vägledning inför kommande mätningar och urval. Studien har finansierats via medel från Hildur och Sven Wingquists stiftelse.

Svalöv, 13 augusti 2019

Lars-Göran Stener

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund och syfte	6
Material och metod.....	7
Statistisk analys	9
Resultat	11
Regressionssamband	11
Höjd – Diameter	11
Densitet – Pilodyn	12
Medelvärden – Tillväxt och densitet	13
Genetiska parametrar	13
Genetiska korrelationer	14
Genotypvärden.....	15
Diskussion	17
Allmänt.....	17
Genetiska parametrar och korrelationer.....	17
Genotypvärden och biomassaproduktion	18
Konklusion	19
Erkännanden	20
Referenser.....	20
Bilaga 1. Hybridasp.....	22
Bilaga 2. Poppel	24

Sammanfattning

Studien baseras på ett 10-årigt fältförsök i södra Sverige (Remningstorp, 58°16'N, 13°22'Ö, 133 m) med 81 hybridasp- och 26 poppelkloner. Tillväxtmätningar (höjd och diameter) gjordes 2013, 2016 och 2018, det vill säga efter 4, 7 och 9 års tillväxt i fält. År 2018 togs även pilodynmått (registrering av hur långt en trubbig nål med ett visst tryck tränger in i veden) på samtliga träd. Veddensitet och stambiomassa skattades för varje träd utifrån borrhärdar som togs på ett slumpmässigt urval av träden.

Tillväxten var generellt sett bra med en genomsnittlig höjdtillväxt på ca 14 dm per år. Stamvedens densitet var i genomsnitt ca 355 kg/m³ för både hybridasp och poppel.

Heritabiliteterna (H^2) var höga och speciellt för densitet. Den genetiska variationen var måttlig till hög för höjd och diameter vilket i kombination med ett högt H^2 ger goda förutsättningar för urvalsförädling med avseende på volymtillväxt. Den låga genetiska variationen för densitet indikerar dock begränsade möjligheter för genetisk förbättring av veddensitet.

Den genetiska korrelationen mellan diameter och densitet var i princip noll för hybridasp medan den var måttlig och negativ för poppel. Ett flertal tidigare studier har påvisat måttliga, negativa samband för både poppel och hybridasp, vilket innebär att veddensiteten minskar vid ökad diametertillväxt. Det betyder att om urvalet i generation efter generation enbart baseras på trädens diametertillväxt blir den indirekta effekten en successiv reduktion av den genomsnittliga densiteten. Ett negativt samband mellan diameter och densitet är en komplicerande faktor vid praktisk förädling. Därför behövs fler studier framöver, där detta kan redas ut på ett mer utförligt sätt.

Det var starka genetiska korrelationer mellan höjd och diameter mätta efter 4, 7 och 9 år. Därmed bekräftas tidigare resultat att ett tillförlitligt urval av högproducerande hybridaspkloner kan göras efter en relativt kort testtid. Ett definitivt urval bör dock inte göras förrän man har kunskap om klonernas resistens mot stamkräfta, som normalt utvecklas efter ca 10 års tillväxt.

Urvalet av de bästa klonerna blev i princip detsamma oavsett om selektionen gjordes på basis av diameter, volym eller biomassa (volym x densitet). Densitetens inverkan på urvalet är således liten och beror främst på att klonvariationen för densitet är liten jämfört med till exempel diameter.

Sannolikt har det relativt kläna stickprovet av provträd från vilka borrhärdar togs, inverkat på resultatet. Det finns därför skäl att göra ytterligare studier där förhållandet mellan pilodyn och veddensitet utreds med syfte att optimera klonurvalet av hybridasp och poppel.

Resultaten föranleder ingen ändring av tidigare uppskattning av hybridaspens och poppelns biomassaproduktion (stam och grenar), som beräknats till ca 10 ton torrvikt per ha och år under ca 25 års omloppstid för selekterade kloner på bördiga marker i södra Sverige. Studien visar dock att det finns en potential att öka hybridaspens produktion ytterligare genom att enbart välja de allra bästa klonerna med ursprung från Sverige, Lettland och Tyskland.

Bakgrund och syfte

Samhällets efterfrågan på förnybara och uthålligt brukade resurser förväntas öka framöver, samtidigt som framtida klimatförändringar skapar en stor osäkerhet om skogens framtida produktionsförhållanden. Att använda flera trädslag i skogsbruket kan vara en bra strategi att sprida de ekonomiska riskerna inför en okänd framtid.

Mot denna bakgrund är hybridasp (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) och andra poppelarter (*Populus* sp.) intressanta alternativ på bördiga marker. Svenska studier (Rytter & Stener 2014, Stener 2010) har visat att en medelproduktion på ca 25 m³sk per ha och år under ca 25 års omloppstid är realistisk för hybridasp och poppel på bördiga marker i södra Sverige om man använder selekterade kloner. Det motsvarar en total biomassaproduktion (stam+ grenar) på ca 10 ton torrsvikt per ha och år.

Urvalet av bra hybridasp- och poppelkloner till skogsbruket har hittills baserats på överlevnad, vitalitet och tillväxt med avseende på höjd och diameter. Klonernas volymtillväxt är således en viktig urvalsvariabel. För maximal produktion av biomassa är förutom volymen även veddensiteten av betydelse, men där är informationen om de enskilda klonerna bristfällig. Vi har också dålig kunskap om genetiska parametrar för veddensitet såsom heritabilitet, genetisk variation och genetisk korrelation med andra egenskaper, vilka är av stor betydelse i det praktiska förädlingsarbetet. Stora skillnader i veddensitet kan bland annat förändra urvalet av de kloner som rekommenderas till skogsbruket.

År 2010 anlades klontester med olika hybridasp- och poppelkloner på 10 lokaler från latitud 56° till 65° i Sverige (Stener & Westin 2017). Det mest produktiva av dessa försök är det i Remningstorp (S21S1041416) som efter 7 års tillväxt (hösten 2016) hade en genomsnittlig höjd på ca 11 m. Skillnaderna i tillväxt mellan olika kloner var stora och försöket utgör ett bra underlag för urval av odlingsvärda kloner till södra Sverige.

Huvudsyftet med denna studie var att undersöka veddensitetens betydelse för urvalet av genetiskt bra biomassaproducerande kloner av hybridasp och poppel och att ta fram information om genetiska parametrar med koppling till veddensitet. Resultatet ska ge vägledning inför kommande mätningar och urval.

Material och metod

Studien baseras på en klontest anlagd våren 2010 på jordbruksmark i Remningstorp (58°16'N, 13°22'Ö, 133 m). Försöket omfattar 81 hybridasp- och 26 poppelkloner, som delades in i 9 grupper utifrån art och varifrån de hade valts (Tabell 1). Där ingår de kloner som rekommenderas för användning i södra Sverige (Sv_S) och nya kandidater (SV_S_Ny) vilka valts genotypiskt, det vill säga utifrån tester av bland annat tillväxt och vitalitet i äldre svenska försök. Där finns även kloner från Sverige, Lettland, Finland och Tyskland som valts fenotypiskt, det vill säga utifrån hur bra de växt på en viss plats (bestånd, försök) i respektive land.

Tabell 1. Beskrivning av ingående testmaterial. För varje materialgrupp framgår antalet testade kloner och totala antalet testade träd. STT = Swe -Tree Technologies, Umeå.

Trädslag / Grupp	Användnings-område	Beskrivning	Ant kloner	Ant träd
Hybridasp				
Finl	Södra Finland	Fenotypiskt utvalda kloner	23	135
Let	Lettland	Fenotypiskt utvalda kloner	19	127
Sv_Let	Södra Sverige	Material som förökats i Lettland som utgörs av två kloner från "Sv_S" och en från "Sv_S_Ny".	3	22
Tysk	Norra Tyskland	Fenotypiskt utvalda kloner	10	51
Sv_S	Södra Sverige	Kloner som är genotypiskt utvalda för användning i södra Sverige	14	181
Sv_S_Ny	Södra Sverige	Nya kloner som är genotypiskt utvalda för användning i södra Sverige	12	141
Totalt			81	657
Poppel				
Sv_STTT_C	Mellersta Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner av STT (<i>P. trichocarpa</i>)	5	25
Sv_STTT_N	Norra Sverige	Fenotypiskt utvalda kloner av STT (<i>P. trichocarpa</i>)	6	23
Sv_S	Södra Sverige	Kloner som är genotypiskt utvalda för användning i södra Sverige (<i>P. trichocarpa</i> , <i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>)	15	62
Totalt			26	110

Försöket planterades med 3x3 m förband och utformades som ett randomiserat block-försök med 6 block där varje block vanligen utgjordes av 1–2 plantor per klon. Hybrid-aspen och poppeln planterades på separata ytor (subplots) inom varje block för att undvika eventuell konkurrens orsakad av olikheter i produktionsförmåga. Hösten innan planteringen behandlades marken med Roundup och för att undvika viltskador omgavs försöket av ett vilthägn. Plantorna utgjordes av ettåriga vegetativt förökade täckrots-planter.

Veddensiteten bestäms vanligen via vedprover i form av vedtrissor alternativt borrhävar. Detta är en relativt dyr metod, speciellt i stora försök där många trädindivider ska testas. Ett snabbare och billigare alternativ är en indirekt mätning med hjälp av en pilodyn. Det är ett redskap som sätts mot trädstammen och skjuter ut en liten nål med konstant tryck, varvid inträngningen i veden kan avläsas. En förutsättning för att pilodyn kan utnyttjas är att korrelationen mellan densitet och pilodynvärden är stark, vilket verkar vara fallet för såväl barrträd (t.ex. King m.fl 1988) som lövträd (t.ex. Dean m.fl. 1990, Greaves m.fl. 1996, Zhu m.fl. 2008).

Resultatet i denna studie baseras på mätningar under hösten för åren 2013, 2016 och 2018, det vill säga efter 4, 7 och 9 års tillväxt i fält. Åren 2013, 2016 och 2018 mättes diameter på samtliga träd. Höjden mättes på alla träd år 2013 och 2016 och på ett slumpmässigt sampel år 2018 (37 hybridaspär och 32 popplar). År 2018 registrerades även pilodynvärdet som medelvärde av två vinkelrätt motsatta punkter (från söder respektive öster) 13 dm ovan mark på alla träd med en diameter över 5 cm i brösthöjd. Dessutom togs borrhäror (från söder) från flertalet av 2018 års höjdprovträd. För att utesluta att olikheter i ytterbarkens tjocklek påverkade pilodynmätningen, gjordes inledningsvis en mätning på några av de grövsta träden av varje trädslag. Därvid togs pilodynvärdet med respektive utan trädets ytterbark, varvid barken försiktigt togs bort vid mätpunkterna. Eftersom det endast var en marginell skillnad mellan de båda mätmetoderna bestämdes att mätningen kunde genomföras utan hänsyn till trädvisa skillnader i ytterbarken.

Veddensiteten för varje borrhära, som omfattade lite drygt halva trädets diameter, bestämdes genom våtdeplacementmetoden. Därvid fästes en liten nål i toppen på borrhäran som sedan fördes ned i ett glas med vatten som ställts på en precisionsvåg varvid viktförändringen (som motsvarar provets volym) registrerades. Densiteten (torrrådensiteten) beräknades som kvoten mellan vikten efter två dygns torkning i värmeskåp (ca 80 grader) och borrhärans volym. Avvikande prover (oftast på grund av rötskada) exkluderades.

Statistisk analys

Den genotypiska utvärderingen gjordes för respektive egenskap utifrån individuella trädobservationer för respektive trädslag (hybridasp, poppel) enligt modell (1):

$$(1) y_{ijk} = \mu + b_i + c_j + e_{ijk}, \text{ där}$$

y_{ijk} = observation k, i block i för klon j,

μ = försöksmedelvärde,

b_i = fix effekt av block i,

c_j = slumpmässig effekt av klon j, $NID(0, \sigma_c^2)$

e_{ijk} = slumpmässig felterm av observation ijk, $NID(0, \sigma_e^2)$.

Varianserna σ_c^2 och σ_e^2 skattades för olika egenskaper enligt REML (Restricted Maximum Likelihood) via programmet ASReml (Gilmour m.fl. 1999). För att undersöka om klonens tillhörighet till en viss materialgrupp hade betydelse, gjordes analyser där den fixa effekten d_i = materialgrupp (Tabell 1), tillfördes i modellen ovan.

Genetiska parametrar tolkades som $\sigma_G^2 = \sigma_c^2$ och $\sigma_E^2 = \sigma_e^2$, där

σ_G^2 = den genotypiska variansen mellan kloner

σ_E^2 = miljövariansen

Heritabiliteten i vid bemärkelse skattades för respektive egenskap genom uttrycket

$$H^2 = \sigma_G^2 / \sigma_P^2, \text{ där } \sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$$

Den genotypiska variationskoefficienten beräknades som $CV_G = \sigma_c \cdot 100 / X$, där X är det fenotypiska medelvärdet.

Den genetiska korrelationen (r_G) mellan olika egenskaper i samma försök skattades som $r_G = \sigma_{G1G2} / (\sigma_{G1} \times \sigma_{G2})$, där

σ_{G1G2} är den genotypiska kovariansen mellan egenskap 1 och 2 och σ_{G1} samt σ_{G2} är den genotypiska standardavvikelsen för egenskap 1 respektive 2. De egenskaper som mätts eller beräknats presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Egenskaper som registrerats där "x" i egenskapsnamnet avser fältåldern vid mättillfället och kan vara 4, 7 eller 9.

Egenskap	Förkortning	Enhet	Beskrivning
Höjd	Hx	dm	Totalhöjd
Diameter	Dx	mm	Diameter i brösthöjd
Volym	Vx	dm ³	Stamvolym enligt funktion (6)
Pilodyn	Pilo9	mm	Pilodynmått (medelvärdet av två mätningar i brh)
Densitet	Dens9	kg/m ³	Vedensitet enligt funktion (4) eller (5)
Biomassa	Vikt9	kg	Stambiomasa beräknad som V9 * Dens9

Utifrån höjderna från de slumpmässigt utvalda provträden skattades höjden 2018 för samtliga träd i försöket via ett regressionssamband, som utgick från diameter 2018 (D9) och höjd år 2016 (H7) som fanns registrerade för alla träd:

(2) Hybridasp: $H_9 = 40,68 + 0,67303 \cdot D_9 - 0,00169 \cdot D_9 \cdot D_9 + 0,00357 \cdot H_7 \cdot H_7,$

(3) Poppel: $H_9 = -29,70 + 0,27786 \cdot D_9 + 1,86872 \cdot H_7 - 0,00625 \cdot H_7 \cdot H_7.$

Densiteten år 2018 för alla träd skattades via lineära regressionssamband, som utgick från pilodynvärdet år 2018 (Pilo9) som fanns registrerat för alla träd:

(4) Hybridasp: $Dens_9 = 505,1 - 6,73555 \cdot Pilo_9,$

(5) Poppel: $Dens_9 = 611,2 - 11,22351 \cdot Pilo_9;$

Stamvolymen (V) för varje levande träd oavsett trädslag skattades via Johnssons (1953) volymfunktion för hybridasp:

(6) $V = 0,03186D^2H + 0,43H + 0,0551D^2 - 0,4148D,$ där

V = stamvolym på bark i dm³,

D = diameter i bröst höjd i cm,

H = total höjd i m.

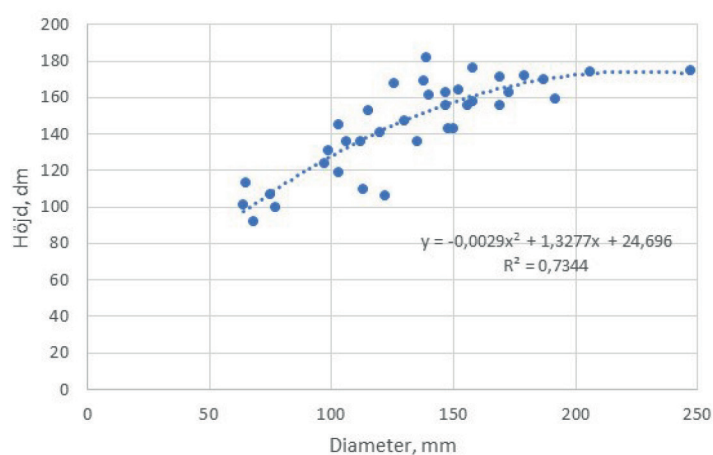
På basis av de enskilda trädens volymer och densitet beräknades slutligen en total biomassa för varje trädstam enligt Volym x Densitet. Grenarnas biomassa ingick således inte.

Resultat

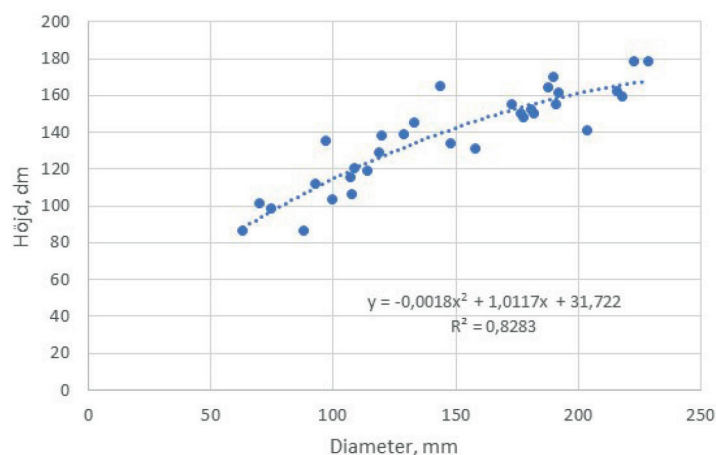
REGRESSIONSSAMBAND

Höjd - Diameter

Samband mellan provträdens höjd och diameter illustreras i figur 1 och 2. Regressionslinjen i figuren avser en andragsgradsfunktion där enbart 2018 års diameter och dess kvadrat ingår som oberoende variabel (x). R^2 är ett värde mellan 0 och 1 och anger funktionens förklaringsgrad, där värdet 1 avser 100 % matchning mellan y och x-variabeln. Genom att tillföra tidigare höjd (Höjd år 2016, H7) som oberoende variabel i funktionerna (2) och (3) förbättrades R^2 från 0,73 till 0,90 för hybridasp och från 0,83 till 0,90 för poppel. Funktionerna har således en hög förklaringsgrad och är väl lämpade för att skatta höjden för samtliga diametermätta träd år 2018.



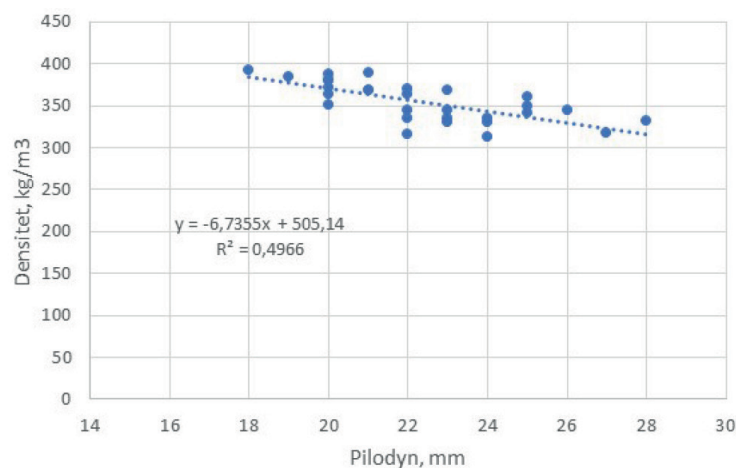
Figur 1. Samband mellan höjd (H9) och diameter (D9), där "y" och "x" i funktionen motsvarar H9 respektive D9. Hybridasp.



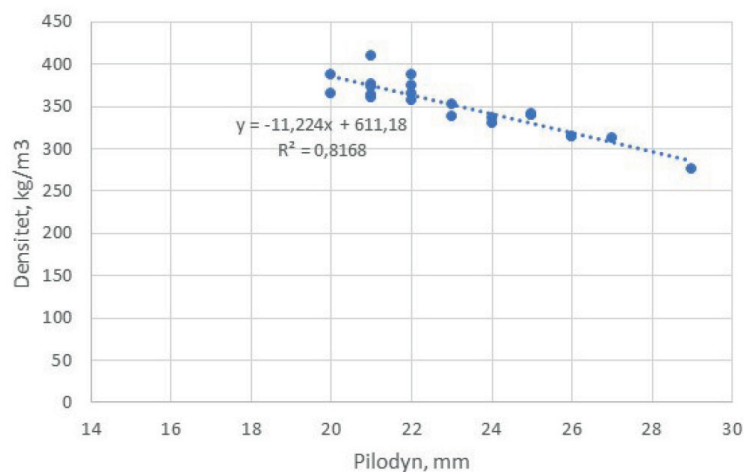
Figur 2. Samband mellan höjd (H9) och diameter (D9), där "y" och "x" i funktionen motsvarar H9 respektive D9. Poppel.

Densitet – Pilodyn

Sambanden mellan densitet och pilodyn var linjära och illustreras i figur 3 och 4. För poppel var förklaringsgraden hög ($R^2=0,82$), men för hybridasp var den lägre ($R^2=0,50$). Det senare har orsakats av en större variation mellan vissa pilodyn- och densitetsvärden (Figur 3). En förklaring kan exempelvis vara att vissa kloner inte följer det generella mönstret. Eftersom provträden togs som ett slumpmässigt sampel från alla kloner går dock detta inte att fastställa såvida inte ytterligare borrhärdar tas. Korrelationerna för densitet och pilodyn var $-0,71$ (hybridasp) respektive $-0,90$ (poppel), som ändå får betraktas som starka samband. De ger inte någon precis skattning av densiteten för respektive klon, men ger ett acceptabelt mått på vilken densitet som pilodynvärdena representerar.



Figur 3. Samband mellan densitet (Dens9) och pilodyn (Pilo9), där "y" och "x" i funktionen motsvarar Dens9 respektive Pilo9. Hybridasp.



Figur 4. Samband mellan densitet (Dens9) och pilodyn (Pilo9), där "y" och "x" i funktionen motsvarar Dens9 respektive Pilo9. Poppel.

MEDELVÄRDEN – TILLVÄXT OCH DENSITET

Medelhöjden efter 9 års testning i fält var 13 m för poppel och 14 m för hybridasp. Medeldiametern var för båda trädslagen ca 13 cm vilket gav en medelstamvolym på ca 0,1 m³sk (Tabell 3 och 4).

Stamvedens densitet, som skattades via pilodynvärden utifrån funktion (4) och (5) var i genomsnitt ca 355 kg/m³ för båda arterna.

GENETISKA PARAMETRAR

Heritabiliteten (H^2) är ett värde mellan 0 och 1, och är ett mått på det genetiska inflytandet som ökar med ett tilltagande H^2 -värde. Med undantag för tillväxtegenskaperna vid 4 års ålder (H4, D4, V4) var H^2 skattningarna höga (tillväxt) till mycket höga (pilodyn, densitet) för både hybridasp och poppel (Tabell 3).

För att studera i vilken mån det genetiska inflytandet påverkades av varifrån klonerna hade valts infördes materialgrupp (Tabell 1) i den statistiska modellen. Resultatet redovisas i tabell 4 och vid jämförelse med tabell 3 framgår att gruppeffekten gjorde att det genetiska inflytandet (H^2) minskade för tillväxtegenskaperna men var oförändrat för pilodyn och densitet.

Den genetiska spridningen för hybridasp och poppel framgår av den relativa genetiska variationskoefficienten (CV_G) i Tabell 3 och 4. Den var måttlig till hög för höjd och diameter men låg för pilodyn och därmed även densitet. De extremt höga CV_G -värdena för stamvolym (V4, V7, V9) och stambiomassa (Vikt9) beror på att de är sammansatta av flera egenskaper, vilket ger betydligt högre värden i jämförelse med enskilda egenskaper.

Tabell 3. Genetiska parametrar för olika egenskaper fördelat på hybridasp respektive poppel, där "N obs" = totalt antal observationer, "N Klon" = antal kloner, "N Mv" = genomsnittligt antal observationer per klon, " H^2 " = heritabilitet, "se H^2 " = medelfelet till heritabilitet, "Mv" = aritmetiskt medelvärde och " CV_G " = genetisk variationskoefficient i %.

Egenskap	Enhet	Hybridasp							Poppel						
		N obs	N Klon	N	Mv	H^2	se H^2	CV_G , %	N obs	N Klon	N	Mv	H^2	se H^2	CV_G , %
				Mv							Mv				
H4	dm	662	82	8,1	52	0,20	0,04	11,3	111	27	4,1	45	0,33	0,10	14,8
D4	mm	659	82	8,0	42	0,18	0,04	14,1	111	27	4,1	38	0,36	0,11	23,0
V4	dm3	659	82	8,0	5	0,19	0,04	29,1	111	27	4,1	4	0,26	0,10	42,5
H7	dm	653	82	8,0	112	0,40	0,05	11,1	109	27	4,0	101	0,49	0,10	13,0
D7	mm	658	82	8,0	99	0,45	0,05	18,6	110	27	4,1	104	0,62	0,09	27,4
V7	dm3	653	82	8,0	47	0,40	0,05	36,2	109	27	4,0	51	0,55	0,09	53,1
D9	mm	657	82	8,0	131	0,51	0,05	20,3	110	27	4,1	137	0,67	0,08	28,7
V9	dm3	652	82	8,0	102	0,46	0,05	39,0	109	27	4,0	112	0,60	0,09	56,5
Pilo9	mm	639	82	7,8	22	0,61	0,04	7,2	108	27	4,0	23	0,76	0,06	9,8
Dens9	kg/m3	639	82	7,8	355	0,61	0,04	3,0	108	27	4,0	353	0,76	0,06	7,2
Vikt9	kg	634	82	7,7	37	0,49	0,05	38,2	107	27	4,0	39	0,60	0,09	53,7

Tabell 4. Genetiska parametrar för olika egenskaper fördelat på hybridasp respektive poppel, där "H²" = heritabilitet, "CV_G" = genetisk variationskoefficient i % och "Pr>F (Grupp)" = signifikansnivå för den fixa effekten d_i = materialgrupp i funktion (1).

Egenskap	Enhet	Hybridasp			Poppel		
		H ²	CV _G , %	Pr>F (Grupp)	H ²	CV _G , %	Pr>F (Grupp)
H4	cm	0,16	9,8	0,0026	0,34	15,1	0,4388
D4	mm	0,11	10,8	<0,0001	0,38	24,0	0,5667
V4	dm3	0,14	24,0	0,0003	0,27	43,2	0,5683
H7	dm	0,26	8,1	<0,0001	0,43	11,6	0,0561
D7	mm	0,27	12,5	<0,0001	0,56	24,2	0,0388
V7	dm3	0,24	24,8	<0,0001	0,50	47,4	0,0575
D9	mm	0,31	13,2	<0,0001	0,58	23,8	0,0102
V9	dm3	0,28	26,3	<0,0001	0,53	48,8	0,0289
Plo9	mm	0,59	7,0	0,1272	0,77	10,3	0,9819
Dens9	kg/m3	0,59	3,0	0,1250	0,77	7,5	0,9823
Vikt9	kg	0,31	26,4	<0,0001	0,51	45,2	0,0171

GENETISKA KORRELATIONER

De genetiska sambanden mellan tillväxtegenskaperna (diameter, höjd) var positiva, starka och genomgående signifikanta både inom och mellan olika mätår (Tabell 5). De genetiska korrelationerna mellan tillväxtegenskaperna och stambiomassa (Vikt9) var också positiva och starka, där korrelationerna mellan D7, D9 och Vikt9 i princip var 1.

Eftersom densiteten skattades på basis av pilodynvärdena var av naturliga skäl överensstämmelsen mellan pilodyn och densitet 100-procentig (korrelation= -1). Det negativa sambandet förklaras av att ett högt pilodynvärde, det vill säga en djup inträngning av nålen i veden, motsvarar en låg densitet och vice versa. Sambanden mellan tillväxt och densitet var svaga och ej signifikanta för hybridasp medan de för poppel var måttliga, negativa och signifikanta.

Tabell 5. Genetiska korrelationer mellan egenskaper inom respektive trädslag. Korrelationer med fetstil är signifikanta på 5-procentnivån.

Tabell 5a. Hybridasp.

Egenskap	D4	H7	D7	D9	Plo9	Dens9	Vikt9
H4	0,90	0,94	0,80	0,80	0,07	-0,06	0,83
D4		0,92	0,97	0,96	0,13	-0,13	0,93
H7			0,86	0,86	-0,01	0,01	0,86
D7				1,00	0,07	-0,07	0,99
D9					0,09	-0,09	0,99
Plo9						-1,00	-0,02
Dens9							0,02

Tabell 5b. Poppel.

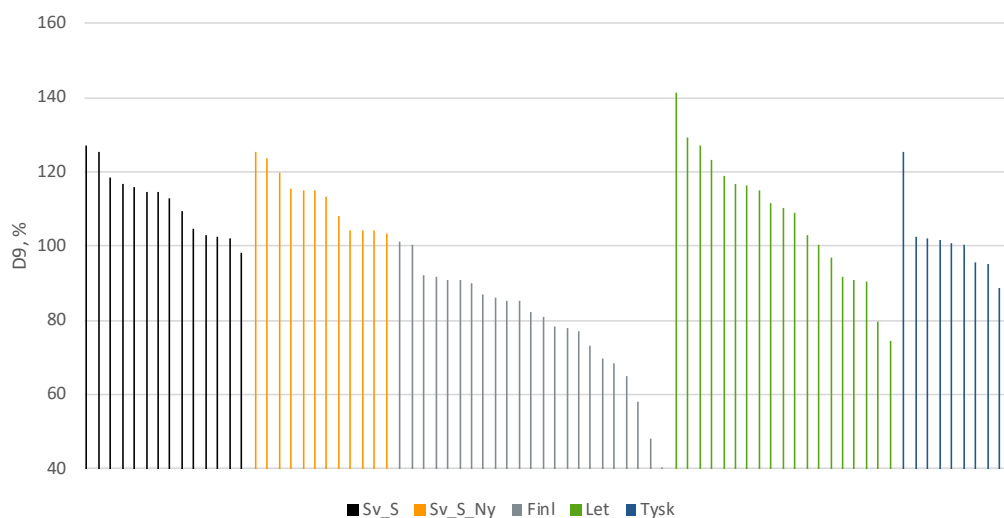
Egenskap	D4	H7	D7	D9	Plo9	Dens9	Vikt9
H4	0,93	0,75	0,77	0,71	0,46	-0,46	0,74
D4		0,72	0,80	0,73	0,66	-0,66	0,71
H7			0,93	0,93	0,46	-0,46	0,93
D7				0,99	0,57	-0,57	0,97
D9					0,54	-0,54	0,98
Plo9						-1,00	0,43
Dens9							-0,43

GENOTYPVÄRDEN

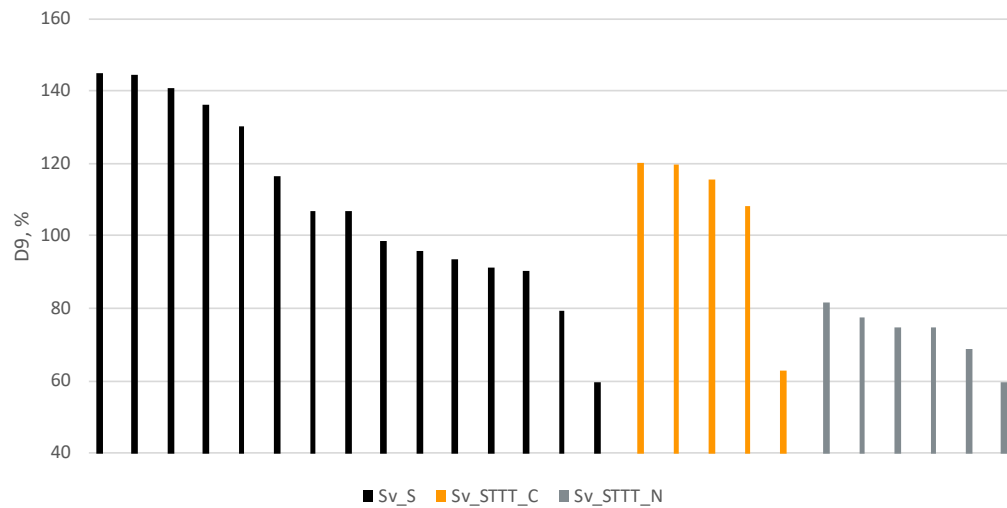
Genotypskattningar, det vill säga individuella klonvärden för olika egenskaper redovisas i bilaga 1–2. Genotypvärdena redovisas som relativa värden (%), det vill säga i relation till medelvärdet för samtliga hybridasp- respektive poppelkloner. Skattningarna för D9 illustreras i figurerna 5–6. Varje stapel representerar en enskild klons relativa genotypvärde, där genomsnittet för alla kloner är 100.

Ju högre genotypvärde desto bättre tillväxtpotential har klonen. Klonerna är sorterade i fallande ordning på basis av egenskapen D9 och de enskilda klonernas rangordning för var och en av egenskaperna framgår av ”Rnk” (Bilaga 1–2). Det framgår att urvalet av de bästa klonerna i princip blir detsamma oavsett om selektionen görs på basis av diameter (D9), volym (V9) eller biomassa (Vikt9).

Den låga klonvariationen (CV_G) för densitet jämfört med till exempel diameter (Tabell 3) framgår även vid en jämförelse av egenskapernas min- och maxvärden i bilagorna 1 och 2. De relativa genotypvärdena för D9 varierar mellan 40–141 % medan Dens9 varierar mellan 92–107 %. Det motsvarar i absoluta mått 53–185 mm respektive 326–378 kg/m³.



Figur 5. Relativa genotypvärden för diameter (D9) för samtliga hybridaspkloner fördelade från bästa till sämsta klonen inom respektive materialgrupp (Sv_S, Sv_S_Ny, Finl, Let respektive Tysk). Genomsnittet för alla kloner är 100, d.v.s. kloner med ett genotypvärde över 100 är bättre än genomsnittet. Observera att y-axeln inte utgår från värdet 0.



Figur 6. Relativa genotypvärden för diameter (D9) för samtliga poppelkloner fördelade från bästa till sämsta klonen inom respektive materialgrupp (Sv_S, Sv_STTT_C, Sv_STTT_N). Genomsnittet för alla kloner är 100, dvs. kloner med ett genotypvärde över 100 är bättre än genomsnittet. Observera att y-axeln inte utgår från värdet 0.

Diskussion

ALLMÄNT

Generellt har tillväxten i försöket varit bra med en årlig höjdtillväxt på 13–14 dm per år.

Veddensiteten var i genomsnitt ca 355 kg/m³ för båda arterna. I ett liknande försök i södra Sverige analyserades bland annat densiteten för 35 hybridaspkloner via stamtrissor vid 10 års ålder (Stener 1998). Den genomsnittliga densiteten var där 335 kg/m³, vilket överensstämmer väl med resultatet i denna studie. Liknande resultat från skandinaviska studier har till exempel presenterats av Stener (2010) där densiteten för hybridasp- och poppelkloner (10 år) var 329 respektive 318 kg/m³ och av Hytönen m.fl. (2018) där den för hybridaspkloner (10 år) var 378 kg/m³. Även medeldensiteten för poppel stämmer bra med andra studier. Exempelvis var medeldensiteten för 9-åriga poppelhybrider (*P. euramericana*) i Quebec och 11-åriga hybrider mellan *P. deltoides* och *P. nigra* i nordöstra USA 350 respektive 310 kg/m³ (Pliura m.fl 2005, Hernandez m.fl. 1998).

GENETISKA PARAMETRAR OCH KORRELATIONER

Heritabiliteterna (H^2) var generellt höga och speciellt då för densitet (Tabell 3), vilket i viss mån beror på att testmaterialet var relativt heterogent (olika ursprung). Detta framgår vid jämförelse av tabell 3 med tabell 4, där det genetiska inflytandet minskade när materialgrupp infördes i den statistiska modellen. Däremot påverkades inte H^2 för pilodyn och densitet. Trots allt verifieras här tidigare resultat om en måttlig till stark genetisk kontroll för tillväxt och densitet. H^2 -skattningarna för tillväxt var exempelvis på samma nivå som i Einspahr m.fl. 1963, 1967, Ilstedt 1993, Stener & Karlsson 2004, Stener & Westin 2018. För densitet har liknande resultat publicerats av van Buijtenen 1962, Einspar 1967, Stener 1998, Rytter & Stener 2003.

Förutom heritabiliteten är den genetiska variationen (CV_G) av betydelse för hur stor genetisk vinst man kan erhålla med förädling. Denna studie bekräftar tidigare resultat om måttliga till höga CV_G för tillväxt men betydligt lägre för densitet (till exempel Stener 1998, Rytter & Stener 2003, Stener & Karlsson 2004). Resultatet är dock kopplat till den metodik som använts (se nästa avsnitt).

Den genetiska korrelationen mellan diameter och densitet var i princip noll för hybridasp medan den var måttlig och negativ för poppel (Tabell 5). Tidigare svenska studier har påvisat måttliga, negativa samband för både poppel och hybridasp (Stener 1998, Rytter & Stener 2003, Stener 2010), vilket innebär att veddensiteten minskar vid ökad diameter-tillväxt. Det betyder att om urvalet av bra kloner i generation efter generation enbart baseras på trädens diameter-tillväxt blir den indirekta effekten en successiv reduktion av den genomsnittliga densiteten. Andra internationella studier på hybridasp och poppel har påvisat såväl moderata till starka, negativa genetiska korrelationer (t.ex. Yanchuck m.fl. 1984, Farmer 1970, Olson m.fl. 1985) som mycket svaga samband (t.ex. Posey m.fl. 1969, Zhang 1995) mellan diameter och densitet. Ett negativt samband mellan diameter och densitet är en komplicerande faktor vid praktisk förädling. Det behövs fler studier framöver där sambandet kan redas ut på ett mer utförligt sätt.

De mycket starka korrelationerna mellan diameter (D_7 , D_9) och stambiomassa ($Vikt_9$, dvs. volym x densitet) indikerar att det i princip är fråga om samma egenskaper (Tabell 5). Det innebär att effekten av densitet är väldigt liten, vilket också framgår av korrelationen $Dens_9 \times Vikt_9$ (Tabell 5).

Ju tidigare man kan göra ett tillförlitligt urval av kloner, desto snabbare kan man via förädling få fram ett allt bättre odlingsmaterial. De starka till mycket starka genetiska korrelationerna för hybridasp mellan höjd och diameter mätta efter 4, 7 och 9 år indikerar att ett urval av bra växande hybridaspkloner kan göras redan efter fyra års tillväxt i fält (Tabell 5a). Detta verifierar resultat från tidigare studier (Stener & Karlsson 2004, Stener & Westin 2018). Invändningen mot ett sådant tidigt urval är att allvarliga skador som till exempel stamkräfta (*Entoleuca mammatum*) inte ger sig till känna förrän vid 10–15 års ålder. Av just den anledningen bör man således avvakta med ett definitivt urval till dess man har bättre kontroll på stamkräftans inverkan på de enskilda klonerna. Urvalet skulle dock kunna göras tidigt om man kan få fram en tillförlitlig artificiell metod för resistens-testning (Stener & Westin 2015).

För poppel var motsvarande genetiska korrelationer (Tabell 5b) också starka till mycket starka. Däremot har tidigare studier visat att överlevnaden över tiden är instabil (Stener & Westin 2018), vilket gör att ett tidigt urval inte rekommenderas för poppel.

GENOTYPVÄRDEN OCH BIOMASSAPRODUKTION

Hittills har selektionen av genetiskt bra hybridasp- och poppelkloner till skogsbruket främst baserats på höjd, diameter och tolerans mot allvarliga patogener (såsom kräfta och bladrost). Om målet med hybridasp- och poppelodlingar är att producera maximal mängd biomassa (torrsubstans), borde man dock även ta hänsyn till klonernas veddensitet.

Resultaten i bilagorna 1–2 indikerar dock att urvalet av de bästa klonerna i princip blir detsamma oavsett om selektionen görs på basis av diameter (D9), volym (V9) eller biomassa (Vikt9). Att diametern har ett stort genomslag för volym (V9), är fullt naturligt, men den har även ett starkt inflytande på biomassa (Vikt9) som beräknats som produkten mellan volym och densitet ($V9 \cdot \text{Dens9}$). Densitetens inverkan på klonurvalet är således litet, både för hybridasp och poppel, vilket även framgår av de genetiska korrelationerna (Tabell 5).

Motsvarande resultat redovisas i en sydfinsk studie Hytönen m.fl. (2018). Där undersöktes bland annat veddensiteten för de 10 bästa av totalt 25 hybridaspkloner som hade valts som plusträd i bestånd och i försök i södra och centrala Finland. Den genomsnittliga densiteten var 378 kg/m³ och där var signifikanta klonskillnader, men det skilde inte mer än 44 kg/m³ mellan de kloner som hade högsta respektive lägsta densiteten.

En anledning till densitetens låga inflytande på klonurvalet, är att klonvariationen (CV_G) för densitet är liten jämfört med till exempel för diameter (Tabell 3). Detta framgår även vid en jämförelse av egenskapernas min- och maxvärden i bilagorna 1 och 2.

Resultatet är dock kopplat till den metodik som använts. Pilodyn används för att metoden är enkel, snabb och därmed betydligt billigare jämfört med att använda vedprover (borrkärnor), för att rangordna kloner med avseende på veddensitet. De relativt starka korrelationerna mellan densitet och pilodyn som redovisas i denna studie indikerar att metoden är acceptabel för detta ändamål även för hybridasp och poppel. För att få en uppfattning om vilken densitet som pilodynvärdena representerar kan man som i denna studie använda sig av borkkärnor från relativt få slumpmässigt utvalda träd. Men för att få en mer nyanserad bild av klonskillnaderna i veddensitet behövs ett större sampel än det som använts här. Totalt ingick 81 hybridasp- och 26 poppelkloner i studien. För hybridasp togs borkkärnor på 29 träd fördelade på 24 kloner med 1–2 träd per klon och för poppel var det 22 träd, 11 kloner med 1–3 träd per klon. Ett större sampel med borkprover

från åtminstone 2–3 träd per klon skulle ge en bättre precision av klonernas veddensitet. Därmed skulle vi få en bättre precision i de klonvisa densitetskattningarna, vilket sannolikt skulle resultera i en större variationsbredd (min – max), vilket i sin tur skulle ökat den genetiska variationen.

Enligt Rytter & Stener (2014) och Stener (2010) uppskattas hybridaspens och poppelns biomassaproduktion (stam+grenar) till ca 10 ton torrsvikt per ha och år under ca 25 års omloppstid om man använder selekterade kloner på bördiga marker i södra Sverige. Mot bakgrund av resultaten i denna studie finns ingen anledning att justera dessa siffror.

Det finns dock en potential för förbättring av dagens odlingsmaterial. I figur 5 illustreras genotypskattningar för hybridasp avseende diametern (D9). Det material som används idag utgörs av flertalet av de kloner som ingår i de två grupperna närmast y-axeln (Sv_S och Sv_S_Ny). Det framgår att man kan höja produktionen ytterligare genom att välja de bästa klonerna i de andra grupperna inte minst de allra bästa från Lettland. För poppel (Figur 6) finns utifrån detta försök inte samma förbättringspotential.

KONKLUSION

Studien indikerar att den genetiska variationen i densitet är begränsad, vilket gör att dess effekt på urvalet av högproducerande biomassakloner blir litet. Det är istället diameter som har det största inflytandet på urvalet. Den genetiska kontrollen och variationen indikerar således goda förutsättningar för urvalsförädling med avseende på tillväxt, men den låga genetiska variationen för densitet ger begränsade möjligheter för genetisk förbättring av veddensitet.

Resultatet är dock kopplat till den metodik som använts. Med fler borrhärdar (2–3 per klon) skulle vi få en bättre precision i de klonvisa densitetsskattningarna, vilket skulle ge en bättre grund för att bland annat skatta den genetiska variationen.

Ett annat frågetecken som måste utredas vidare är den genetiska korrelationen mellan diameter och densitet. Den var i princip noll för hybridasp, vilket stämmer dåligt med tidigare resultat.

Detta är några skäl till varför nya studier behöver göras avseende stamvolymens kontra veddensitetens betydelse för optimering av klonurvalet av högproducerande hybridasp och poppel.

Erkännanden

Studien har finansierats genom medel från Hildur och Sven Wingquists stiftelse.
Gunnar Jansson, Skogforsk har gett värdefulla synpunkter på manuskriptet.

Referenser

- Dean, H.G., French, J. & Tibbits, W.N. 1990. Variation in pulp making characteristics in a field trial of *Eucalyptus globulus*. In the 44th annual Appita general conf. 2–6 April, 1990, Rotorua, N.Z. Appita, Melbourne, Australia B24: 1–33.
- Einspar, D.W., Benson, M.K. & Peckham, J.R. 1967. Variation and heritability of wood and growth characteristics of five-year-old quaking aspen. Inst. Pap Chem Gen Physiol Note 1, Madison W1, pp 1–6.
- Einspahr, D.W., Benson, M.K. & Peckham, J.R. 1963. Natural variation and heritability in triploid aspen. *Silvae Genetica* 12: 51–58.
- Farmer, R.E. 1970. Genetic variation among open-pollinated progeny of eastern cotton wood. *Silvae Genet.* 19(5/6): 149–151.
- Gilmour, A.R., Cullis, B.R., Welham, S.J. & Thompson, R. 1999. Asreml Reference Manual. New South Wales Agriculture. Orange. 2800. Australia.
- Greaves, B.L., Borralho, N.M.G., Raymond, C.A. & Farrington, A. 1996. Use of pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. *Can. J. For. Res.* 26: 1643–1650.
- Hernandez, R.E., Koubaa, A., Beaudoin, M. & Fortin, Y. 1998. Selected mechanical properties of fast-growing poplar hybrid clones. *Wood Fiber Sci.* 30(2):138–147.
- Hytönen, J., Beuker, E. & Viherä-Aarnio, A. 2018. Clonal variation in basic density, moisture content and heating value of wood, bark and branches in hybrid aspen.
- Ilstedt, B. & Gullberg, U. 1993. Genetic variation in a 26-year old hybrid aspen trial in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 8: 185–192.
- Jonsson, H. 1953. Hybridaspens ungdomsutveckling och ett försök till framtidsprognos. *Svenska Skogsvårdsföreningens tidsskrift* 51: 73–96.
- King, J.N., Yeh F.C. Heaman, J.C. & Dancik, B.P. 1988. Selection of wood density and diameter in controlled crosses of coastal Douglas-fir. *Silvae Genet.* 37: 152–157.
- Olson, J.R., Jourdain, C.R. & Rosseau, R.J. 1985. Selection for cellulose content, specific gravity and volume in young *Populus deltoids* clones. *Can. J. For. Res.* 15:393–396.
- Pliura, A. Qibin Y., Zhang Y., MacKay J., Perinet, P. & Bousquet, J. 2005. Variation in wood density and shrinkage and their relationship to growth of selected young poplar hybrid crosses. *Forest Science* 51(5): 472–482.
- Posey, C.E., Bridgewater, F.E. & Buxton, J.A. 1969. Natural variation in specific gravity, fiber length and growth rate of eastern cottonwood in the southern great plains. *TAPPI* 52(8) 1508–1511.

- Rytter, L. & Stener, L.-G. 2014. Growth and thinning effects during a rotation period of hybrid aspen in southern Sweden. *Scand. Journ. of For. Res.* 29:8, 747-756.
- Rytter, L. & Stener, L.G. 2003. Clonal variation in nutrient content in woody biomass of hybrid aspen. *Silva Fennica* 37(3): 313–324.
- Stener, L.G. 2010. Tillväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska fältförsök. Arbetsrapport nr 717. SkogForsk, Uppsala, pp 46.
- Stener, L.G. 1998. Analys av fiberegenskaper för kloner av hybridasp. Arbetsrapport nr 387. SkogForsk, Uppsala, pp 11.
- Stener, L.-G. & Westin, J. 2018. Överlevnad, tillväxt och stamkvalitet för hybridasp- och poppelkloner efter sju åts tillväxt ni tio fältförsök i Sverige. Arbetsrapport, Skogforsk Nr 988.
- Stener, L.-G. & Westin J. 2017. Early growth and phenology of hybrid aspen and poplar in clonal field tests in Scandinavia. *Silva Fennica* vol. 51 no. 2, 22p.
- Stener, L.G., Westin, J. & Stenlid, J. 2015. Resistenstag av hybridasp. Slutrapport 2015 av Energimyndighetens projekt 35136-1.
- Stener, L.G. & Karlsson, B. 2004. Improvement of *Populus tremula* x *P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics* 11(1): 13–27.
- van Buijtenen, J.P., Einspar, D.W. & Peckham, J.R. 1962. Natural variation in *Populus tremuloides* II. Variation in pulp and papermaking properties. *Tappi* 45:58-60.
- Yanchuck, A., Dancik, B. & Micko, M. 1984. Variation and heritability of wood density and fiber length of trembling aspen in Alberta, Canada. *Silvae Genetica* 33(1): 11–16.
- Zhang, S.Y. 1995. Effect of growth rate on wood specific gravity and selected mechanical properties in individual species from distinct wood categories. *Wood Sci. and Technol.* 29:451–465.
- Zhu, J., Wang J., Zhang, S. Zhang, J. Sun, X. & Liang, B. 2008. Wood property estimation and selection of *Populus tomentosa*. *Sciental Silvae Sinicae* Vol 44(7): 23–28.

Bilaga 1. Hybridasp

Relativa genotypvärden (%) fördelade på fem egenskaper för alla testade kloner. Klonerna är sorterade utifrån D9. Samma siffra i kolumnen "Ident" avser kloner som är identiska. "Blp" anger det relativa genotypvärdet, "Rnk" avser klonens rank, "N" avser antalet träd som ingått i analysen. "Medelvärde Alla" avser det relativa genotypiska medelvärdet för samtliga testade kloner, "Rel medelfel" avser det relativa medelfelet till genotypskattningarna, "Faktiskt medelvärde" avser det absoluta medelvärdet för samtliga kloner, "Min" och "Max" avser högsta respektive lägsta relativa genotypvärdet och slutligen redovisas relativa genotypmedelvärden för olika materialgrupper.

Klon	Ident	Materialgrupp	N	D9		V9		Pilo9		Dens9		Vikt9	
				Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk
S21K0940249		Let	8	141	1	201	1	99	42	101	42	200	1
S21K0940241		Let	8	129	2	163	2	102	53	99	53	160	5
S21K894012		Sv_S	13	127	3	161	4	116	80	93	80	147	8
S21K0940239		Let	7	127	4	158	5	97	31	101	31	158	6
S21K884045		Sv_S	13	125	5	158	6	101	49	99	49	167	2
S21K884042		Sv_S_Ny	12	125	6	146	9	100	44	100	44	144	10
S21K0940251		Tysk	6	125	7	150	7	96	26	102	26	150	7
S21K894066		Sv_S_Ny	14	124	8	143	11	99	38	101	38	141	11
S21K0940242		Let	6	123	9	162	3	97	30	101	30	164	3
S21K874038		Sv_S_Ny	13	120	10	132	15	92	8	103	8	134	14
S21K0940244		Let	8	119	11	135	12	94	16	103	16	137	12
S21K85406		Sv_S	13	118	12	149	8	93	14	103	14	164	4
S21K864015		Sv_S	14	117	13	124	23	104	57	99	58	121	25
S21K0940233		Let	2	117	14	133	14	96	27	102	27	135	13
S21K0940240		Let	7	117	15	125	22	94	15	103	15	126	18
S21K884015	2	Sv_S	14	116	16	145	10	109	74	96	74	146	9
S21K874024		Sv_S_Ny	13	116	17	134	13	106	64	98	64	129	16
S21K8440002		Sv_S_Ny	12	115	18	129	17	112	78	95	78	122	23
S21K0940238		Let	7	115	19	128	18	107	69	97	69	124	20
S21K864004		Sv_S_Ny	13	115	20	128	19	93	12	103	12	129	15
S21K864009		Sv_S	12	114	21	126	20	106	65	97	65	121	24
S21K864016		Sv_S	13	114	22	119	27	92	7	103	7	120	26
S21K894064		Sv_S_Ny	12	113	23	126	21	95	18	102	18	127	17
S21K8340001		Sv_S	13	113	24	131	16	108	70	97	70	125	19
S21K884015	2	Sv_Let	7	112	25	122	25	109	72	96	72	118	27
S21K0940234		Let	8	111	26	121	26	95	23	102	23	122	22
S21K0940236		Let	6	110	27	124	24	99	39	101	39	123	21
S21K864012		Sv_S	10	109	28	108	32	100	46	100	46	107	34
S21K0940237		Let	8	109	29	112	29	95	19	102	19	113	29
S21K8340002		Sv_S_Ny	13	108	30	115	28	107	66	97	66	111	31
S21K85452	3	Sv_Let	7	106	31	110	30	104	58	99	57	107	32
S21K864010		Sv_S	14	105	32	109	31	102	52	99	52	111	30
S21K864045		Sv_S_Ny	5	104	33	97	46	115	79	94	79	91	52
S21K85452	3	Sv_S_Ny	7	104	34	102	36	98	32	101	32	102	40
S21K874011		Sv_S_Ny	14	104	35	104	35	96	28	102	28	104	35
S21K894058		Sv_S_Ny	13	103	36	108	33	105	62	98	62	116	28
S21K884012	1	Sv_Let	8	103	37	101	39	106	63	98	63	98	44
S21K8440011		Sv_S	12	103	38	98	44	111	75	96	75	93	50
S21K0940228		Let	8	103	39	100	42	93	10	103	10	102	41
S21K0940261		Tysk	4	103	40	97	47	98	35	101	34	96	48

Forts. nästa sida

Forsättning bilaga 1.

Klon	Ident	Materialgrupp	N	D9		V9		Filo9		Dens9		Vikt9	
				Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk
S21K884012	1	Sv_S	13	102	41	100	40	104	61	98	61	98	45
S21K884056		Sv_S	14	102	42	97	49	98	37	101	37	96	49
S21K0940252		Tysk	4	102	43	102	38	92	6	103	6	104	37
S21K0940250		Tysk	6	102	44	102	37	93	9	103	9	103	38
S21K0940203		Finl	7	101	45	99	43	102	50	99	50	97	46
S21K0940258		Tysk	4	101	46	105	34	103	55	99	55	103	39
S21K0940210		Finl	7	101	47	97	48	100	47	100	47	97	47
S21K0940230		Let	7	100	48	98	45	94	17	102	17	99	42
S21K0940253		Tysk	6	100	49	100	41	87	2	105	2	104	36
S21K884002		Sv_S	13	98	50	94	51	84	1	107	1	98	43
S21K0940235		Let	4	97	51	86	53	100	45	100	45	85	53
S21K0940259		Tysk	6	96	52	96	50	98	34	101	35	107	33
S21K0940255		Tysk	3	95	53	92	52	99	41	101	41	92	51
S21K0940212		Finl	5	92	54	74	61	103	56	99	56	73	61
S21K0940220		Finl	7	92	55	80	55	93	13	103	13	81	55
S21K0940245		Let	8	92	56	77	56	99	40	101	40	76	57
S21K0940215		Finl	1	91	57	82	54	96	29	102	29	82	54
S21K0940231		Let	2	91	58	76	57	111	76	95	76	73	60
S21K0940205		Finl	6	91	59	73	62	112	77	95	77	69	63
S21K0940248		Let	8	90	60	72	63	98	36	101	36	72	62
S21K0940216		Finl	3	90	61	75	59	102	51	99	51	74	59
S21K0940254		Tysk	6	89	62	76	58	93	11	103	11	78	56
S21K0940204		Finl	7	87	63	75	60	96	24	102	24	75	58
S21K0940209		Finl	4	86	64	71	64	107	67	97	67	68	64
S21K0940206		Finl	7	85	65	68	67	120	81	92	81	63	68
S21K0940214		Finl	2	85	66	70	65	108	71	97	71	68	66
S21K0940260		Tysk	6	84	67	69	66	99	43	100	43	68	65
S21K0940219		Finl	7	82	68	64	68	95	21	102	21	64	67
S21K0940213		Finl	7	81	69	59	69	104	59	98	59	58	69
S21K0940246		Let	7	80	70	55	71	101	48	100	48	54	73
S21K0940202		Finl	7	79	71	54	72	109	73	96	73	52	74
S21K0940201		Finl	5	78	72	55	70	90	5	104	5	56	70
S21K0940217		Finl	6	77	73	53	73	89	4	105	4	54	72
S21K0940232		Let	8	75	74	50	75	102	54	99	54	49	75
S21K0940211		Finl	7	73	75	50	76	104	60	98	60	49	76
S21K0940207		Finl	6	70	76	51	74	96	25	102	25	55	71
S21K0940208		Finl	6	68	77	47	77	95	20	102	20	47	77
S21K0940218		Finl	6	65	78	40	78	98	33	101	33	39	79
S21K0940222		Finl	7	58	79	35	79	107	68	97	68	38	80
S21K0940221		Finl	7	48	80	34	80	88	3	105	3	42	78
S21K0940200		Finl	8	40	81	21	81	95	22	102	22	37	81
Medelvärde, Alla				100		100		100		100		100	
Rel medelfel				7		15		2		1		15	
Faktiskt medelvärde				131		102		22		355		370	
Min				40		21		84		92		37	
Max				141		201		120		107		200	
Medelvärde, Finl				79		62		100		100		63	
Medelvärde, Let				108		114		99		101		114	
Medelvärde, Sv_Let				107		111		106		98		108	
Medelvärde, Tysk				100		99		96		102		100	
Medelvärde, Sv_S				112		123		102		99		122	
Medelvärde, Sv_S_Ny				113		122		101		99		121	

Bilaga 2. Poppel

Relativa genotypvärden (%) fördelade på fem egenskaper för alla testade kloner. Klonerna är sorterade utifrån D9. "Blp" anger det relativa genotypvärdet, "Rnk" avser klonens rank, "N" avser antalet träd som ingått i analysen. "Medelvärde Alla" avser det relativa genotypiska medelvärdet för samtliga testade kloner, "Rel medelfel" avser det relativa medelfelet till genotypskattningarna, "Faktiskt medelvärde" avser det absoluta medelvärdet för samtliga kloner, "Min" och "Max" avser högsta respektive lägsta relativa genotypvärdet och slutligen redovisas relativa genotypmedelvärden för olika materialgrupper.

Klon	Materialgrupp	N	D9		V9		Plo9		Dens9		Vikt9	
			Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk	Blp	Rnk
S21K82604	Sv_S	7	145	1	193	2	120	26	85	26	170	3
S23K9040025	Sv_S	8	145	2	206	1	95	9	104	9	215	1
S21K82601	Sv_S	4	141	3	190	3	120	25	86	25	165	4
S23K9040019	Sv_S	6	136	4	171	4	113	24	90	24	158	5
S21K0940061	Sv_S	7	130	5	162	5	91	5	106	5	174	2
S21K0940052	Sv_STTT_C	3	120	6	132	7	95	10	104	10	138	6
S21K0940054	Sv_STTT_C	7	120	7	140	6	105	20	96	20	134	7
S23K9040086	Sv_S	1	116	8	117	9	99	15	101	14	118	9
S21K0940053	Sv_STTT_C	5	116	9	118	8	101	16	100	16	119	8
S21K0940051	Sv_STTT_C	4	108	10	115	10	112	23	91	23	105	12
S216PPL54	Sv_S	2	107	11	79	16	99	14	101	15	81	16
S21K766048	Sv_S	5	107	12	102	11	97	12	103	12	107	11
S21K766049	Sv_S	9	99	13	88	13	92	6	106	6	93	13
S23K9040073	Sv_S	2	96	14	85	14	105	19	97	19	84	15
S23K9040006	Sv_S	3	94	15	84	15	92	7	106	7	86	14
S23K9040089	Sv_S	2	91	16	97	12	107	21	95	21	116	10
S23K9040011	Sv_S	1	90	17	75	17	91	3	107	3	78	17
S21K0940056	Sv_STTT_N	5	82	18	56	20	104	18	97	18	57	20
S21K766003	Sv_S	2	80	19	51	22	91	4	106	4	57	21
S21K0940059	Sv_STTT_N	4	78	20	61	18	108	22	94	22	59	18
S21K0940058	Sv_STTT_N	5	75	21	50	23	101	17	99	17	52	23
S21K0940055	Sv_STTT_N	4	75	22	55	21	99	13	101	13	56	22
S21K0940060	Sv_STTT_N	1	69	23	57	19	96	11	103	11	58	19
S21K0940050	Sv_STTT_C	6	63	24	39	25	91	2	107	2	41	25
S21K766005	Sv_S	3	60	25	34	26	83	1	113	1	39	26
S21K0940057	Sv_STTT_N	4	60	26	45	24	93	8	105	8	43	24
Medelvärde, Alla			100		100		100		100		100	
Rel medelfel			12		26		4		3		25	
Faktiskt medelvärde			137		112		23		353		389	
Min			60		34		83		85		39	
Max			145		206		120		113		215	
Medelvärde, Sv_STTT_C			105		109		101		100		107	
Medelvärde, Sv_STTT_N			73		54		100		100		54	
Medelvärde, Sv_S			109		116		100		100		116	