

Jämförelse av nuvärderna vid manuell och mekaniserad plantering i södra och norra Sverige

Comparing the net present value of manual versus mechanized tree planting in southern and northern Sweden



Foto: Bracke Forest

Joel Engelbrektsson & Noah Stoltz



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Joel Engelbrektsson & Noah Stoltz
Titel, Sv	Jämförelse av nuvärden vid manuell och mekaniserad plantering i södra och norra Sverige
Titel, Eng	Comparing the net present value of manual versus mechanized tree planting in southern and northern Sweden
Nyckelord/ Keywords	Bracke, planteringsmaskin, nuvärdesskillnad, Heureka, förnygring/Bracke, planting machine, net present value, Heureka, reforestation
Handledare/Supervisor	<i>Back Tomas Ersson, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, Department of forest bio material and technology</i>
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	2014

Innehåll

Förord	4
Sammanfattning	5
Abstract	6
Inledning.....	7
Bakgrund	7
Mål.....	8
Material och metoder	9
Generella antaganden	9
Simulering av bestånd.....	10
Nuvärdesberäkning.....	11
Markberedning.....	11
Maskinell plantering.....	12
Manuell plantering.....	13
Gallring och slutavverkning	13
Känslighetsanalys	13
Resultat.....	15
Grundscenario.....	15
Känslighetsanalys	16
Diskussion	22
Begränsningar	22
Rekommendationer.....	23
Slutsats.....	24
Referenser.....	25
Muntliga källor	26
Bilagor.....	28
Bilaga 1.....	28
Bilaga 2.....	29

Förord

Detta kandidatarbete författades av Joel Engelbrettsson och Noah Stoltz som ett steg mot vår jägmästarexamen. Tack till vår handledare, Back Tomas Ersson för stor hjälp och tålamod. Vi vill tacka Henrik Holmberg från Södra Skogsägarna, Jenny Lindgren från Norra Skogsägarna, Swecon AB och Bracke Forest AB för data till vårt arbete. Även ett stort tack till alla våra lärare och kursare som vi har kunnat diskutera arbetet med.

Sammanfattning

Mekaniserad skogsplantering introducerades i Sverige på 1960-talet, och idag används främst Brackes planteringsaggregat av bland annat av Södra och Norra skogsägarna. Plantering med Brackes planteringsaggregat ger vissa fördelar jämfört med manuell plantering, såsom ökad överlevnad gentemot högläggning och ökad överlevnad och tillväxtökning gentemot harvning. Den här studien jämförde följande tre planteringssystem; manuell plantering med harvning; manuell plantering med intermitterent högläggning; samt mekaniserad plantering. Data för tre olika föryngringssystem insamlades och jämfördes med hjälp av nuvärdesanalys för att se eventuella fördelar och nackdelar ur ett skogsekonomiskt perspektiv. Dessa system antogs ha olika systemkostnader och antal planterade plantor med olika överlevnadsgrader och tillväxttakter i ungskogsfasen vilket möjliggjorde en nuvärdesanalys på data från ett skötselprogram simulerat i Heureka PlanWise. Mekaniserad plantering gav högst nuvärde i södra Sverige över en hel omloppstid, detta till stor del för att arbetskostnaden för manuell plantering är relativt hög vilket ger det mekaniserade systemet en fördel. I norra Sverige visade det sig att manuell plantering med intermitterent högläggning gav en marginell fördel gentemot manuell plantering med harv, detta för att plantor och arbetskostnad där fortfarande hålls till ett lågt pris. Med en ökad höjdtillväxt mot harvning och ökad överlevnad mot både harv och högläggning finns argument för att fortsätta med mekaniserad plantering. Om det är möjligt att öka produktivitet och minska maskinkostnader så blir fördelarna med Brackes planteringsaggregat större.

Nyckelord: Bracke, planteringsmaskin, nuvärdesskillnad, Heureka, föryngring

Abstract

Mechanized tree planting was introduced in Sweden during the 1960s. Today mechanized tree planting is primarily performed by Södra and Norra skogsägarna. Mechanized planting with the Bracke device offers some advantages, such as increased survival and growth compared to manual planting with disc-trenching and increased survival compared to spot mounding as a scarification method. This study compared the following three planting systems: manual planting after disc-trenching; manual planting after spot mounding; and mechanized planting. Data for these three different regeneration systems were collected and compared using net present value (NPV) analysis to see possible advantages and disadvantages from the forest economic perspective. These systems were assumed to have different attributes and effects on the regeneration result. To perform the NPV analysis, data was taken from a silviculture program simulated in Heureka PlanWise. Mechanized planting showed the highest NPV in southern Sweden over an entire rotation period; this because of the high labor cost of manual planting in southern Sweden, which gave the mechanized system an advantage. In northern Sweden, it was found that manual planting with spot mounding was best; it showed a marginal advantage over disc-trenching, because of the relatively low cost of seedlings and manual planting in northern Sweden. With its increased height growth compared to disc-trenching and its increased survival compared to both disc-trenching and spot mounding, there are arguments for continuing with mechanized planting. If it is possible to increase productivity and reduce machine costs, the economic advantages of mechanized tree planting with the Bracke planting device will increase.

Keywords: Bracke, planting machine, net present value, Heureka, reforestation

Inledning

Bakgrund

För att säkerställa framtida virkesförråd kräver skogsvårdslagen återväxtplantering efter avverkning (Skogsvårdslagen 2014), och idag planteras ca 166400 ha/år (Skogsstatistisk årsbok 2013). Ett mer rationaliserat skogsbruk har lett till att man vill mekanisera allt fler skötselåtgärder och därmed växte intresset för planteringsmaskiner på 60-talet och har från 70-talet och framåt utvecklats allt mer (Hallonborg m.fl. 1997). Tidigare har plantering främst skett genom manuell plantering och naturlig föryngring, men arbetskraften har blivit dyrare och tillgången har minskat vilket bidragit till ett ökat mekaniseringsbehov (Malmberg 1990). Att de årliga föryngringsarealerna ökar och att arbetet är tufft och säsongsberoende bidrar även till att man vill öka mekaniseringsgraden (Bäckström 1978). Något som revolutionerade skogsföryngringen var framtagandet av täckrotsplantan under tidigt 70-tal (Wennström m.fl. 2008). Med sin mindre storlek och kompakta rotsystem blev den en viktig komponent i utvecklingen av rationell skogsföryngring (Malmberg 1990).

Problemet i Sverige med mekaniserad plantering ligger i att få ut en lönsamhet gentemot traditionell plantering med mankraft. Förr berodde detta främst på grund av svår terräng jämfört med andra länders förmånligare terrängförhållande (Bäckström 1978). Därmed kunde man inte använda exempelvis enkla centraeuropiska planteringsmaskiner utan behövde uppfinna nya, komplicerade, planteringsmaskiner för nordiska förhållanden (Malmberg 1990). Idag påverkas lönsamheten främst av planteringsmaskinernas produktivitet, vilket i sin tur beror på förekomsten av stenar, grenar och stubbar på hygget (Rantala m.fl. 2009).

Idag bedrivs manuell plantering oftast på en markberedd yta, harvad eller höglagd, med plantering av en täckrotsplanta ofta behandlad för snytbagge (Hallsby 2013). På mindre lokaler främst i södra Sverige med svår terräng är det även vanligt att man struntar i maskinell markberedning och planterar en större barrotsplanta eller en pluggplanta med någon form av snytbaggesskydd (Södra skogsägarna 2007). Maskinell plantering idag i Sverige bedrivs främst med Bracke Planter, medan Finland använder både Bracke Planter och M-planter i större skala (Ersson 2010).

Idag är föryngringskostnaden med maskinell plantering gentemot manuell plantering inte konkurrenskraftig (Ersson 2010). Frågan är om fördelarna med maskinell plantering kan göra det lönsamt att plantera maskinellt idag, genom att det bland annat skulle leda till en högre plantöverlevnad och högre tillväxt, och hur det iså fall speglas i nuvärdet. Kontrasterna mellan norra och södra Sverige är relevanta att studera då det skiljer sig mycket i markegenskaper, kostnader för plantering, röjning och skogens omloppstid. Den kontinuerligt framryckande planteringsmaskinen Silva Nova studerades under 1980-90-talet där man jämförde bl.a. kostnader och överlevnad med manuell plantering (Hallonborg m.fl. 1995).

Den här studien fokuserade på Bracke Forest planteringsaggregat P11.a (BP) som går att montera på en vanlig grävmaskin. BP introducerades i tidigt 1990-tal (Rantala m.fl. 2009) och används idag främst av Södra Skogsägarna. Norra Skogsägarna har börjat köra en på prov i Västerbotten (Ersson 2014, pers. komm.). BP är en intermittent framryckande maskin som gör en hög med omvänd torva och planterar sedan en täckrotsplanta (Bracke Forest AB 2014), plantan djupplanteras i den omvända torvan vilket ger bra förutsättningar för näring

och vattenupptag. Att plantan också sätts i mineraljord ger den bra skydd mot snytbagge (Nillson m.fl. 2010).

Södra skog har utfört mellan 2011 till 2013 återinventeringar efter tre år av maskinell plantering och jämfört med manuell plantering, det visade generellt en betydligt bättre överlevnad för BP än harvning med manuell plantering. (Ersson & Petersson 2013). En markberedning genom högläggning utgör även mindre markpåverkan än en harv och kan ur det hänseendet vara ett bra alternativ på känsliga marker. En mekaniserad plantering är inte särskilt lämplig på väldigt steniga marker då marken är svår att markbereda för aggregatet, i dessa lägen lämpar sig en maskinell markberedning genom harvning med manuell plantering bättre (Luoranen m.fl. 2011). Markberedning genom högläggning ger en tillväxtökning jämfört med harvning (Saksa m.fl. 2005), och BP markberedningsmetod är jämförlig med högläggning varvid den ökade höjdtillväxten som studerats vid högläggning kan tillämpas.

Lövuppslag och röjningsbehov har diskuterats huruvida det påverkas av markberedningsmetod och därmed om det skulle medföra en indirekt kostnadsminimering av maskinell plantering. Det är idag inte bevisat om större markpåverkan från till exempel en harvning ger större röjningsbehov än den markpåverkan som skapas ifrån BP (Sjögren 2013). Men en annan studie visade att en harvning gav 56 % mer röjstammar än för högläggning, och att intäkten från första gallring blev högre för högläggning (Uotila m.fl. 2010).

Nuvärdesmetoden används inom många olika sektorer idag, inte minst i skogsbruket. Styrkan i att beräkna kassaflöde med nuvärdesmetoden är att kunna se vad olika kostnader och intäkter i framtiden är värda idag (Nationalencyklopedin 2014), ett så kallat diskonterat värde. En investering som innebär en merkostnad idag, och medför en högre avkastning i framtiden, innebär att det diskonterade framtida värdet har ett högre nuvärde än investeringens kostnad, och då erhålls en högre avkastning genom att utföra investeringen. I skogsbruket är alla skötselgrepp och åtgärder investeringar som bidrar till en viss avkastning, beroende på om nuvärdet av följderna ifrån skötselgreppet är högre än kostnaden för dem, utgör alltså grunden för om de bör utföras.

Mål

Målet är att undersöka hur nuvärdet förändras för maskinell plantering beroende på den högre plantöverlevnaden och en tillväxtökning jämfört med manuell plantering och markberedning genom harvning eller riktad högläggning. Kan detta påverka beståndets framtida röjningskostnader och virkesintäkter?

Syftet med studien är att undersöka skillnader i nuvärde mellan maskinell och manuell plantering, i norra och södra Sverige. För att klarlägga vilka faktorer nuvärdet är känsligt för kommer en känslighetsanalys genomföras.

Material och metoder

Generella antaganden

I studien analyserades tre olika system för markberedning och plantering. Första systemet, en konventionell harv med manuellt planterade plantor (HARV), andra systemet en riktad högläggare med manuellt planterade plantor (HÖG), och tredje systemet en bandgrävmaskin utrustad med Brackes planteringsaggregat P11.a (MEK).

I den här studien har parametrar för skötselprogrammet ställts upp och sedan har vissa antaganden gjorts utifrån litteratur och insamlad data från muntliga källor. Räntan sattes till 3 % i grundförutsättningarna eftersom det är en vanlig räntesats vid skogliga beräkningar. Antaganden om bestånden var att hyggesarealen var medelvärdet för varje län, Kronoberg och Västerbotten (Tabell 1). En ungefärlig flyttkostnad per flyttillfälle för MEK erhöles ifrån Norra Skogsägarna och antogs vara lika för samtliga maskinsystem och för båda regioner. Flyttkostnaden per hektar beräknades med hjälp av medelhyggesarealen.

Tabell 1. Medelarealen för förnygringsavverkning större än 0,5 ha under 2012 för respektive län¹⁾.

Table 1. Average area of final felling larger than 0,5 ha in 2012 for each county¹⁾.

Region	Antal anmälningar	Anmäld areal (ha)	Medelhygge (ha)
Kronoberg	2 041	4 743	2,3
Västerbotten	4 128	25 333	6,1

¹⁾ Från Skogsstatistisk årsbok (Skogsstyrelsen 2013)

Data för MEK har insamlats från norra och södra Sverige för att kunna beräkna planteringskostnader och plantöverlevnad. För södra Sverige erhöles data för MEK ifrån Södra skogsägarna (Holmberg 2014, pers. komm.) som är verksamma med MEK till största delen i Kronobergs län och för norra Sverige har motsvarande data erhöles ifrån Norra skogsägarna (Lindgren 2014, pers. komm.) som är verksamma med MEK i Västerbottens län (Tabell 2). Frisk mark är dominerande i både Västerbotten och Kronoberg (MarkInfo 2014), och därför antogs jämförelsen gälla friska marker där alla tre system är biologiskt acceptabla. Överlevnaden för MEK och HARV på 95 % respektive 75 % är baserat på Södras plantinventeringar sedan 2006, de är därför mycket trovärdiga (Ersson & Petersson 2013). Data om plantöverlevnad för MEK och HARV saknades i norra Sverige vilket extrapolerades ifrån södra Sverige. Överlevnaden för HÖG antogs till 85 % både i södra och norra Sverige, baserat på en finsk studie som jämförde harvning med högläggning där överlevnaden var 74 % respektive 86,7 % (Uotila m.fl. 2010). Svenska studier visar på en medelöverlevnad för HÖG omkring 80 – 90 % (Örlander & Nilsson 1999; Örlander & Gemmel 1989). Vid manuell plantering planteras inte plantan djupt varvid den positiva effekten av djupplantering uteblir för HÖG (Nyström 1994), vilket då gör det rimligt att HÖG får ett värde mellan HARV och MEK då MEK har högre överlevnad.

Tabell 2. Data tillhandahållet ifrån Södra och Norra skogsägarna

Table 2. Data supplied by Södra and Norra skogsägarna

Parameter	Variabel förkortning	Södra Sverige ^{a)}	Norra Sverige ^{b)}
Harvning (kr/ha)		2 600	2 200
Kostnad per täckrotsplanta (kr/pl)	K _{plant}	3,25	1,2

Kostnad för plantör (kr/pl)		$K_{\text{plantör}}$	1,6	1,1
Produktivitet	HÖG (högar/h) ^{d)}	$P_{\text{HÖG}}$	400	400
	MEK (pl/h)	P_{MEK}	175	164
Flyttkostnad per maskin (kr/ha)			870	328
Förelön inkl soc avg. (kr/h)			250	250
Kostnad röjning (kr/ha)			4 200	3200
Antal röjningar			2	1
Plantöverlevnad	HARV		75 %	75 %
	HÖG ^{c)}		85 %	85 %
	MEK		95 %	95 %
Antal planterade plantor	HARV	C_{SI}	2 200	2 500
	HÖG	C_{SI}	2 200	2 500
	MEK	C_{SI}	2 000	1 800
Ståndortsindex (SI)			G30	G24
Ålder för slutröjning (år)			12	15
Höjd vid slutröjning (dm)			40	30

^{a)} Från Södra skogsägarna (Holmberg 2014, pers. komm.)

^{b)} Från Norra skogsägarna (Lindgren 2014, pers. komm.)

^{c)} Från Nyström (1994); Uotila m.fl. (2010)

^{d)} Från Skogforsk (Sundblad 2009)

Simulering av bestånd

Bestånden som studien berör simulerades i programmet Heureka PlanWise genom programmets egen trädssimulator. Heureka användes för att det är idag en av de produktionsmodeller som finns tillgängliga för svenskt skogsbruk och för att användaren tillåts specificera ett stort antal faktorer. I Heureka PlanWise ingår ett stort antal modeller för att beskriva beståndets framskridning, bland annat Elfving's tillväxtmodell. I denna studie behölls programmets grundinställningar för samtliga tillväxtmodeller.

Bestånden utgjordes av flertalet detaljerade ståndortsegenskaper som valdes utifrån rimlighet, dessa skiljer sig för bestånden mellan norra och södra Sverige, men inom samma län var inställningarna lika (Bilaga 1).

Heureka PlanWise tillåter inte att en viss dödlighet och tillväxt hos plantor specificeras och därför simulerades bestånden efter sista röjning, indatat för dessa bestånd baserades på antaganden om beståndets utseende vid slutröjning. Stamantal efter slutröjning antogs vara överlevande planterade granar (Formel 1), resterande stammar utgörs av björk baserat på rekommenderat totala stamantal av samtliga trädslag efter slutröjning (Södra skogsägarna 2014; Norra skogsägarna 2014).

$$\text{Granstamantal efter slutröjning} = \text{Planterade granar} \times \text{överlevnad} \quad (1)$$

Höjden vid slutröjning för HARV antogs ifrån de värden som Norra respektive Södra skogsägarna tillhandahållit, varvid en höjdtillväxtökning antogs finnas för högläggning (Saksa m.fl. 2005). I den studien var medeltillväxtökningen de 9 första åren ~20 %, därför antogs en höjdskillnad för södra och norra Sverige vid 12 respektive 15 års ålder på 5 dm i grundförutsättningarna. Men efter 14 - 18 års ålder utjämnas en markberedningsmetods tillväxtökning (Johansson m.fl. 2012). Tillväxtökningen för HÖG antogs till att vara lika som för MEK då ett antagande om höjdtillväxtökning är en effekt av högläggning (Tabell 3)

(Uotila m.fl. 2010).

Tabell 3: Antaganden för indata till Heureka PlanWise

Table 3: Input data assumptions for Heureka PlanWise

	Parameter	HARV	HÖG	MEK
Södra Sverige	Höjd vid slutröjning (dm)	40	45	45
	Stamantal ha ⁻¹ vid slutröjning (Gran/Björk)	1 650/550	1 870/330	1 900/300
Norra Sverige	Höjd vid slutröjning (dm)	30	35	35
	Stamantal ha ⁻¹ vid slutröjning (Gran/Björk)	1 875/425	2 125/175	1 710/590

Resultaten i Heureka PlanWise styrdes mot ett optimerat nuvärde vilket led till att skötselprogrammen för de olika planteringsmetoderna skiljdes åt, detta för att olika förutsättningar i plantöverlevnad och höjdtillväxt påverkar skötselprogrammet för det enskilda beståndet över hela omloppstiden.

Nuvärdesberäkning

För att ge en mer övergripande bild så beräknades nuvärdet för de olika planteringsmetoderna på en hel omloppstid. För att kunna jämföra nuvärdet av de olika förnyngsalternativen diskonterades alla kostnader och intäkter till år 0 (Formel 2).

$$NV = \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

NV = Nuvärde (kr)

T = Omloppstid (år)

t = tid då aktiviteten inträffar (år)

I_t = Intäkt år t (kr)

K_t = Kostnad år t (kr)

r = Ränta (procent)

Markberedning

Markberedningen antogs vara harvning (HARV), riktad högläggning (HÖG) och markberedning med Brackes planteringsaggregat (MEK). Kostnaden för HARV erhöles ifrån Norra och Södra skogsägarna (Tabell 2). För att beräkna markberedningskostnaderna behövdes driftkostnaden för respektive maskin (Tabell 4). För HÖG och MEK användes samma basmaskin för beräkningen av driftkostnad med skillnaden att HÖG beräknades med kostnaden för en skopa och MEK med ett planteringsaggregat. Driftkostnaden för HÖG beräknades med samma formel som för MEK med skillnaden att produkten blev kr/hög för HÖG (Formel 3).

$$K_{HÖG} = K_{t_{HÖG}} / P_{HÖG} \quad (3)$$

K_{HÖG} = Markberedningskostnad för aktuell maskin (kr/hög)

K_{t_{HÖG}} = Timkostnad för aktuell maskin (kr/h)

$P_{HÖG}$ = Produktivitet (högar/h)

$K_{tHÖG}$ för markberedning beräknades till 621 kr/h varvid produktiviteten för respektive län gav en planteringskostnad per planta, $K_{HÖG}$, till 1,55 kr/hög för södra och norra Sverige.

Maskinell plantering

Hur många plantor som antogs planteras och planteringsproduktiviteten erhöles från Norra och Södra skogsägarna (Tabell 2).

Maskinkostnaderna för basmaskin och BP erhöles ifrån Swecon AB (Åström & Rudberg 2014, pers. komm.) och Bracke Forest AB (Berntsson 2014, pers. komm.) (Tabell 4). Valet av basmaskin och tillbehör föreslogs av Swecon AB till en Volvo EC160 med rototilt.

Tabell 4. Kostnader för basmaskin Bandgrävmaskin Volvo EC160 och planteringsaggregat Bracke P11.a

Table 4. Costs for tracked excavator EC160 base machine and Bracke P11.a planting head

	Parameter	Kostnad
Volvo EC160 ^{a)}	Inköpskostnad basmaskin (kr)	1 350 000
	Inköpskostnad rototilt (kr)	175 000
	Drifttid (år)	6
	Restvärde	15 %
	Service (kr/h)	30
	Drivmedelsförbrukning (l/h)	10
	Drivmedelskostnad (kr/h)	140
	Systemtid MEK (h/år) ^{c)}	1 600
	Systemtid HÖG (h/år) ^{c)}	1 600
	Inköpskostnad skopa HÖG (kr)	50 000
Bracke P11.a ^{b)}	Inköpskostnad aggregat (kr)	419 000
	Drifttid (år) ^{c)}	7
	Systemtid aggregat (h/år) ^{c)}	1 200
	Restvärde	15 %

^{a)} Från Swecon AB (Christer Åström & Ingemar Rudberg 2014, pers. komm.)

^{b)} Från Bracke Forest AB (Nils-Olof Berntsson 2014, pers. komm.)

^{c)} Från Ersson m.fl. (2014)

För att beräkna kostnad för föryngring med maskinell plantering användes kalkyler för maskinkostnader (Nordfjell 2013; Bilaga 2). Utifrån de värdena har föryngringskostnaden beräknats (Formel 4 & 5)

$$K_{MEK} = K_{tMEK} / P_{MEK} \quad (4)$$

K_{MEK} = Planteringskostnad för aktuell maskin (kr/pl)

K_{tMEK} = Timkostnad för aktuell maskin (kr/h)

P_{MEK} = Produktivitet (pl/h)

$K_{t_{MEK}}$ för maskinell plantering beräknades till 664 kr/h varvid produktiviteten för respektive län gav en planteringskostnad per planta, K_{MEK} , på 3,79 kr/planta och 4,05 kr/planta för södra respektive norra Sverige.

$$K_f = (K_{MEK} + K_{plant}) \times C_{SI} \quad (5)$$

K_f = Kostnad för föryngring (kr/ha)

K_{MEK} = Kostnad per maskinellt planterad planta (kr/pl)

K_{plant} = Inköpskostnad per planta (kr/pl)

C_{SI} = Antal planterade plantor per hektar (pl/ha)

Manuell plantering

Kostnaden för manuell plantering beräknades (Formel 6) med värden tillhandahållna ifrån Södra och Norra Skogsägarna (Tabell 2).

$$K_f = (K_{plantör} + K_{plant}) \times C_{SI} \quad (6)$$

K_f = Kostnad för föryngring (kr/ha)

$K_{plantör}$ = kostnaden per planterad planta (kr/pl)

K_{plant} = Kostnad för en planta (kr/pl)

C_{SI} = Konstant för antal planterade plantor per hektar baserat på ståndortsindex (pl/ha)

Gallring och slutavverkning

Skötselprogrammet efter röjningen togs fram med simulering i Heureka PlanWise, och då erhöles en totalkostnad, bruttointäkt samt tidpunkt för gallring och slutavverkning för respektive skötselprogram och bestånd. Intäkter och kostnader som använts i nuvärdesanalysen baserades på Heurekas default prislista, Mellanskog 2013, då den antogs vara lämplig för denna studie.

Känslighetsanalys

För att se hur stor slagkraft parametrarna hade på nuvärdet har ett urval av dessa varierats enskilt utifrån grundförutsättningarna (Tabell 5). Variansintervall av parametrarna baserades på rimliga förändringar. Vid samtliga känslighetsanalyser justerades en parameter medan alla andra parametrar hölls konstanta. De oförändrade parametrarna behöll sitt ingångsvärde ifrån grundscenariot.

Tabell 5. Variansintervall för de olika parametrarna i känslighetsanalysen
Table 5. Change in parameter values in the sensitivity analysis

Parameter	Variansintervall	
	Minimum	Maximum
Ränta	1 %	5 %

Ökning i överlevnad		0 %	25 %
Tillväxtökning för HÖG och MEK(dm)		0	10
Produktivitet	HÖG (hög/h)	-50 %	50 %
	MEK (pl/h)	-30 %	60 %
Plantkostnad		-50 %	+100 %
Planterade plantor per ha (pl/ha)		1 500	2 500
Plantörkostnad (kr/pl)		-20 %	+20 %

Tesen att riktad högläggning (HÖG & MEK) ger ett mindre röjningsbehov (Uotila m.fl. 2010) skulle kunna innebära att en röjning tidigareläggs. Detta undersöktes genom att endast utföra en röjning år 10 i södra Sverige, röjningskostnaden för detta varierades mellan 2 200 och 9 200 kr/ha. För norra Sverige varierades röjningskostnaden mellan 2 200 och 4200 kr/ha.

Resultat

Grundscenario

För södra Sverige gav MEK högst nuvärde, detta till stor del för att arbetskraft och plantor vid manuell plantering var relativt dyra och att tesen om en högre tillväxtökning och överlevnad hade effekt. För norra Sverige hade HÖG ett litet högre nuvärde än HARV, detta till stor del för att arbetskraft och plantor var betydligt billigare. Simulering i Heureka medförde att den optimala slutavverkningsåldern för HÖG blev olika än de två andra systemen i både södra och norra Sverige.

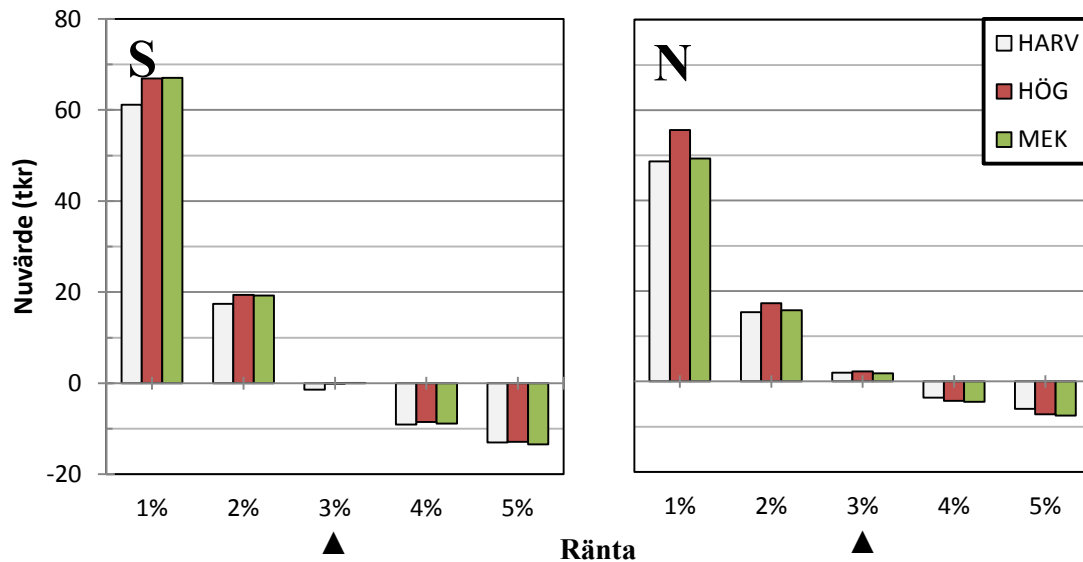
Tabell 6. Resultat över totala nuvärdet efter simulering i Heureka med de antaganden och förutsättningar listade i tabell 2 & 3

Table 6. Results of total net present value (NPV) after simulation in Heureka with assumptions and conditions as listed in table 2 & 3

		Södra Sverige				Norra Sverige			
	Åtgärd	År	Intäkt	Kostnad	Nuvärde	År	Intäkt	Kostnad	Nuvärde
HARV	Markberedning	0	-	-3 470	-3 470	0	-	-2 528	-2 528
	Plantering	1	-	-10 670	-10 360	1	-	-5 750	-5 583
	Röjning	6	-	-4 200	-3 517	-	-	-	-
	Röjning	12	-	-4 200	-2 946	15	-	-3 200	-2 054
	Gallring	42	17 100	-12 617	1 295	50	23 287	-14 811	1 933
	Gallring	-	-	-	-	60	15 981	-9 702	1 066
	Slutavverkning	67	179 854	-52 351	17 596	75	117 210	-33 386	9 132
	Totalt nuvärde				-1 400				1 967
HÖG	Markberedning	0	-	-4 287	-4 287	0	-	-4 211	-4 211
	Plantering	1	-	-10 670	-10 359	1	-	-5 750	-5 583
	Röjning	6	-	-4 200	-3 517	-	-	-	-
	Röjning	12	-	-4 200	-2 946	15	-	-3 200	-2 054
	Gallring	42	23 495	-15 349	2 354	50	27 649	-16 307	2 587
	Gallring	-	-	-	-	65	28 020	-13 138	2 179
	Slutavverkning	62	166 661	-49 664	18 718	80	133 324	-34 399	9 297
	Totalt nuvärde				-37				2 215
MEK	Plantering	0	-	-14 959	-14 959	0	-	-9 776	-9 776
	Röjning	6	-	-4 200	-3 517	-	-	-	-
	Röjning	12	-	-4 200	-2 946	15	-	-3 200	-2 054
	Gallring	42	24 126	-15 520	2 487	55	33 229	-17 797	3 037
	Slutavverkning	67	191 619	-53 869	19 011	75	136 168	-39 044	10 581
	Totalt nuvärde				75				1 787

Känslighetsanalys

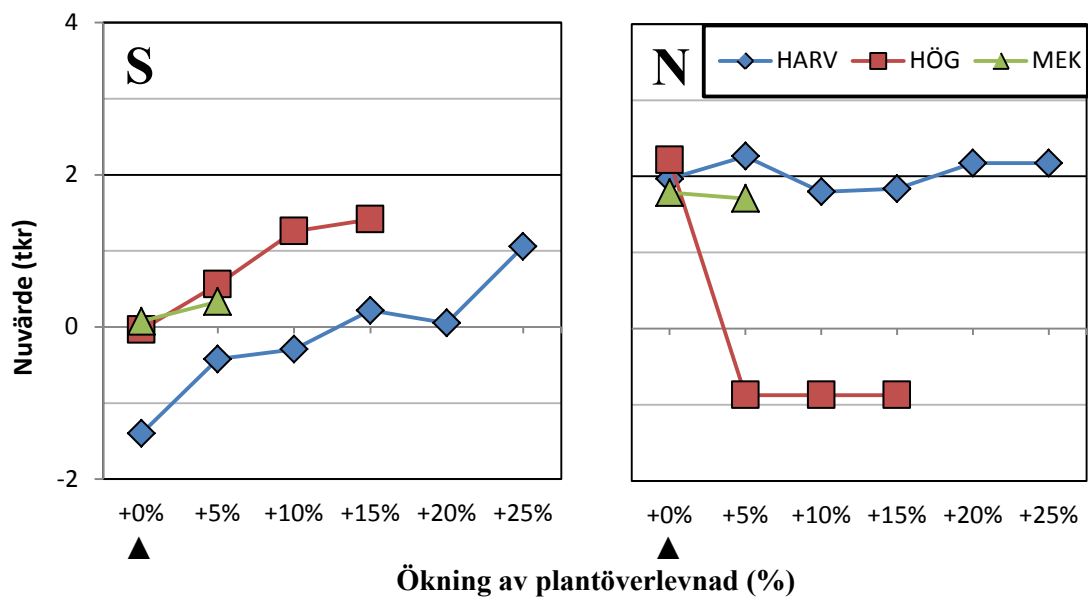
Vid justering av räntan förblev nuvärdesskillnaderna relativt lika. För södra Sverige behölls det högre nuvärdet för HÖG och MEK vid samtliga räntesatser utom för fem procent men med en minskande relativ differens vid ökande ränta (Figur 1, S). I norra Sverige visade sig en brytpunkt för planteringsalternativen vid fyra procent, alltså fick HÖG ett lägre nuvärde än HARV vid fyra till fem procents ränta men högst nuvärde vid en till tre procents ränta (Figur 1, N). Den relativa skillnaden förblev också lägre med högre ränta.



Figur 1. Nuvärde beroende på maskinsystem och ränta för södra (S) och norra (N) Sverige. Grundförutsättningen markeras med ▲.

Figure 1. Effect on NPV depending on machine system and interest rate for south (S) and northern (N) Sweden. The default rate is marked with ▲.

Vid ökande grad av plantöverlevnad blev nuvärdet högre i södra Sverige för alla system (Figur 2, S). Att nuvärdena inte blev mer linjära beror på Heureka's simulering av träddata och att skötselprogrammen förändrades med olika indata. I norra Sverige syns ingen tydlig ökning för något av systemen som kan bero på att det planterades fler plantor från början vilket inte gav samma utslag när överlevnadsgraden ökades, då trädslagsblandningen efter slutröjning inte förändrades märkvärdigt (Figur 2, N). Att nuvärdet minskar på HÖG beror på att man planterar ca 200 plantor för mycket vid en ökad överlevnad.

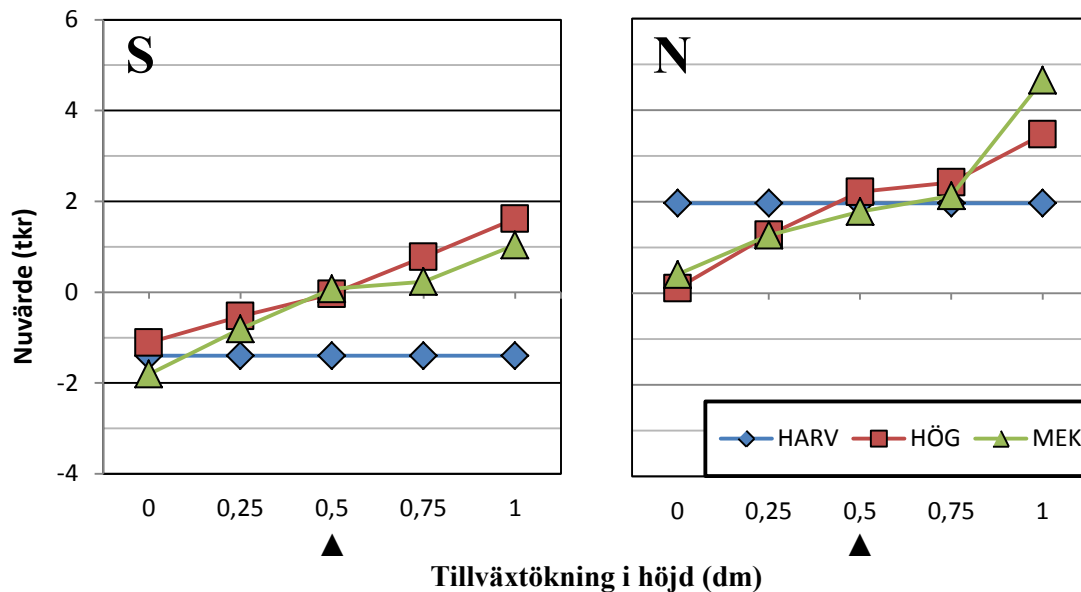


Figur 2. Verkan på nuvärdet av ökad plantöverlevnad för södra (S) och norra (N) Sverige.

Grundförutsättningen markeras med ▲.

Figure 2. Consequence of increment in plant survival rate on NPV for southern (S) and northern (N) Sweden. The default rate is marked with ▲.

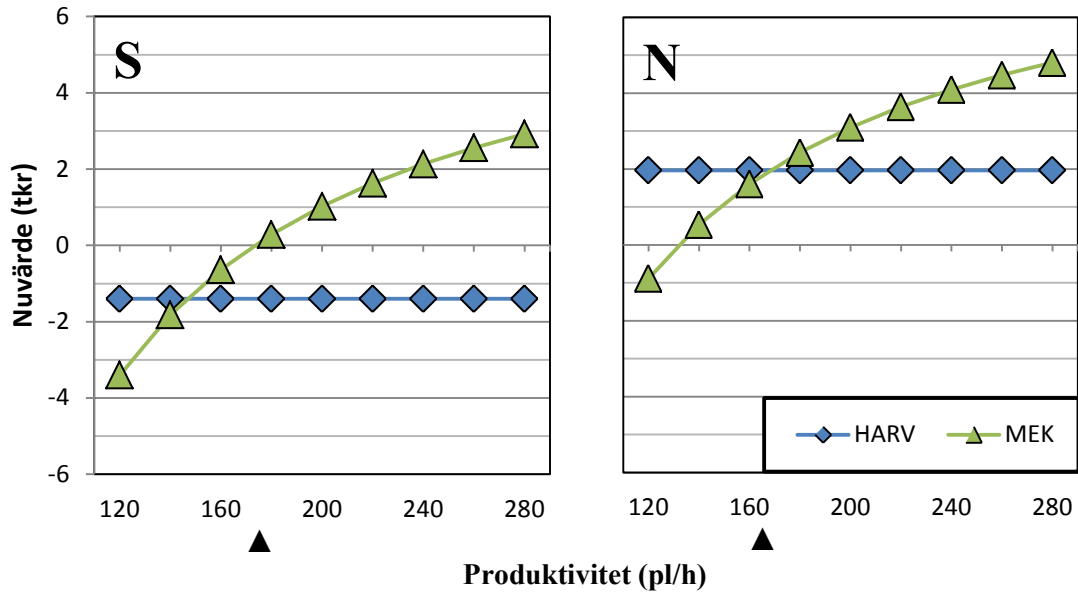
För både norra och södra Sverige gällde att ökande tillväxt vid högläggning led till ökat nuvärde för HÖG och MEK (Figur 3). För södra Sverige räckte det med en relativt liten höjdtillväxtökning (~0,1 m) för att MEK skulle erhålla ett högre nuvärde jämfört med HARV, och vid en ännu högre höjdtillväxtökning ökade nuvärdet när på linjärt. För norra Sverige krävdes en högre höjdtillväxtökning (~0,5-0,6 m) för att HÖG och MEK skulle erhålla ett högre nuvärde jämfört med HARV.



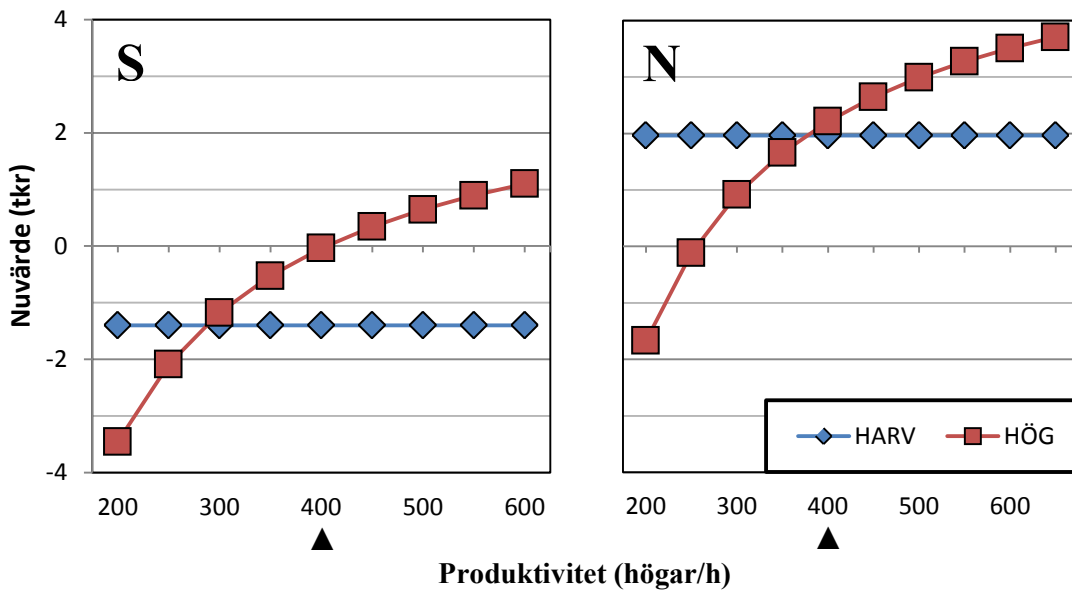
Figur 3. Verkan på HÖG och MEKs nuvärde vid förändrad höjdtillväxt av plantor efter högläggning för södra (S) och norra (N) Sverige. Grundförutsättningen för HÖG och MEK markeras med ▲.

Figure 3. Consequences of modified height growth of seedlings after mounding on NPV for HÖG and MEK for southern (S) and northern (N) Sweden. The default assumption for HÖG and MEK is marked with ▲.

Generellt för ändrad planteringsproduktivitet för MEK klarlades att ökat antal planterade plantor per timme gav ett ökat nuvärde, detta för en minskad kostnad per planta. MEK i södra Sverige hade en lägre skärningspunkt med HARV (ca 145 pl/h) (Figur 4, S) medan skärningspunkten för norra var något högre (ca 170 pl/h) (Figur 4, N). För HÖG gav en högre högläggingsproduktivitet ett ökat nuvärde, i södra Sverige fick HÖG en lägre skärningspunkt med HARV (ca 290 högar/h), medan för norra var skärningspunkten högre (ca 375 högar/h) (Figur 5).

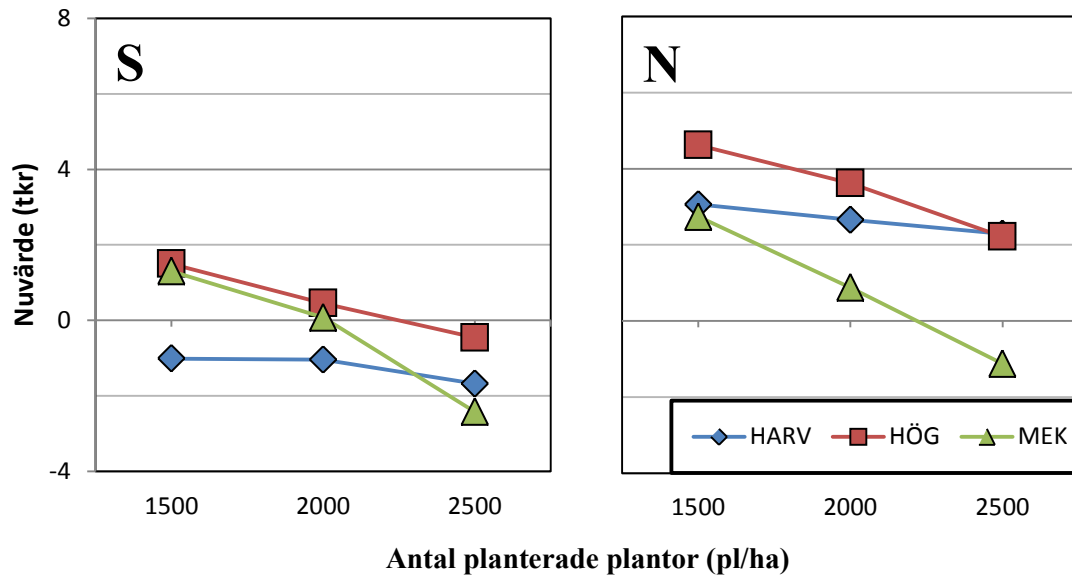


Figur 4. Verkan av ändrad planteringsproduktivitet för MEK på nuvärdet för södra (S) och norra (N) Sverige. Grundförutsättningen markeras med ▲.
Figure 4. Consequences of modified planting productivity for MEK on NPV for southern (S) and northern (N) Sweden. The default assumption is marked with ▲.



Figur 5. Verkan av ändrad produktivitet för HÖG på nuvärdet för södra (S) och norra (N) Sverige. Grundförutsättningen markeras med ▲.
Figure 5. Consequences of modified productivity for HÖG on NPV for southern (S) and northern (N) Sweden. The default assumption is marked with ▲.

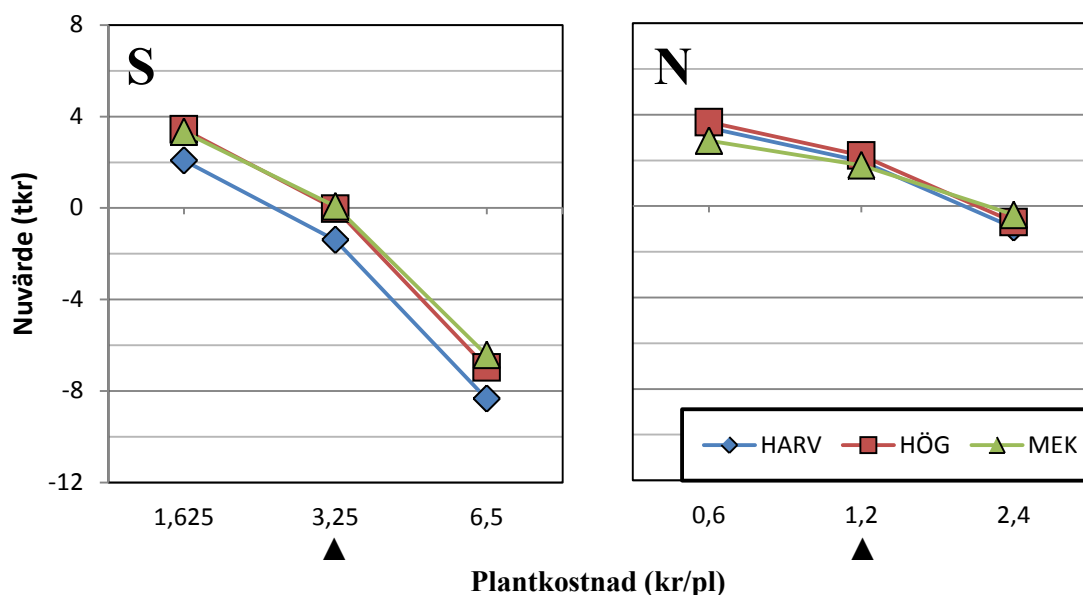
Generellt så påverkade ett högre antal planterade plantor nuvärdet negativt (Figur 6). För södra Sverige gällde att högt plantantal gav HARV fördel över MEK, detta för att kostnaden för varje enskild planta var högre för MEK och att fördelen med en högre plantöverlevnad med MEK inte utnyttjades (Figur 6, S). För norra Sverige fick HARV bättre nuvärde än HÖG vid 2500 pl/ha (Figur 6, N).



Figur 6. Verkan av antalet planterade plantor per hektar på nuvärdet för södra (S) och norra (N) Sverige.

Figure 6. Consequences of modified number of planted seedlings per ha on NPV for southern (S) and northern (N) Sweden.

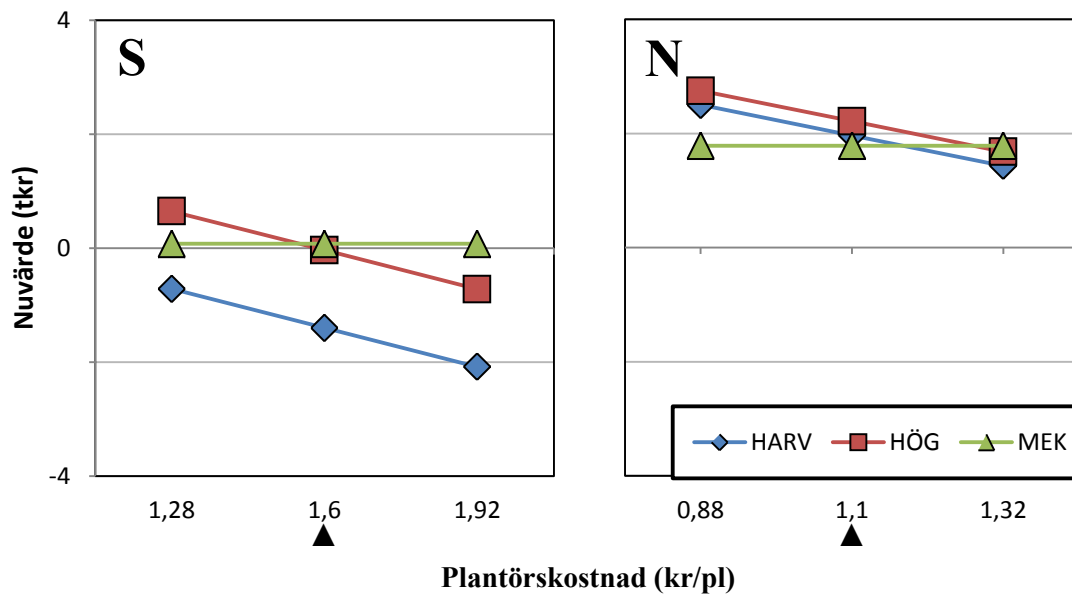
Generellt så minskade nuvärdet med en ökande plantkostnad (Figur 7). För södra Sverige behölls förhållandet mellan maskinsystemen oavsett plantkostnad, medan HÖG och MEK hade fördel över HARV. För norra Sverige kunde en ökad plantkostnad ge MEK en svag fördel över HARV och HÖG. En ökning av plantörskostnaden gav MEK fördel i södra Sverige (Figur 8, S). I norra Sverige gav en 20 % högre plantörskostnad MEK en marginell fördel jämfört med HARV och HÖG (Figur 8, N).



Figur 7. Plantkostnadens inverkan på nuvärdet för södra (S) och norra (N) Sverige.

Grundförutsättningen markeras med ▲.

Figure 7. Consequences of modified plant cost on NPV for south (S) and northern (N) Sweden. The default assumption is marked with ▲.



Figur 8. Verkan på nuvärdet av ändrad kostnad för manuell plantering, södra (S) och norra (N) Sverige. Grundförutsättningen markeras med ▲.

Figure 8. Consequences of modified costs for labor work in manual planting on NPV for southern (S) and northern (N) Sweden. The default assumption is marked with ▲.

Tesen om att högläggning skulle ge ett mindre röjningsbehov resulterade i ett stigande nuvärde för både HÖG och MEK efter att en röjning togs bort. Det gick även att utläsa att kostnaden för en enda röjning kunde dubblas och ändå blev det ett jämförelsevis högre nuvärde med en istället för två röjningar.

Diskussion

Resultatet visade att i södra Sverige var maskinell plantering mest lönsamt, medan i norra var manuell plantering med högläggning mest lönsamt under grundförutsättningarna.

Huvudanledningen till detta resultat är att manuell plantering är avsevärt dyrare i södra jämfört med norra Sverige.

Produktiviteten för Brackes planteringsmaskin har stor inverkan på maskinplanteringskostnaden. För södra Sverige är det genomsnittliga värdet på 175 pl/h tillräckligt för att kunna ge ett högre nuvärde medan norras genomsnittliga värde på 164 pl/h låg strax under gränsvärdet för att kunna ge en fördel gentemot manuell plantering.

Produktiviteten kan variera mellan olika objekt beroende på marktyp, en studie från Irland visade på en produktivitet mellan 180-200 pl/h på skogsmark och 250-300 pl/h på nerlagda åkermarker (Nieuwenhuis & Egan 2002).

Resultatet visade på att antagandet om en högre tillväxt med högläggning led till ett bättre nuvärde på en omloppstid. Om en höjdtillväxtökning finns vid maskinell plantering så gynnas nuvärdet, beroende på hur stor den ökningen var så påverkades omloppstiden. Att tillväxtökningen varar 14-18 år (Johansson m.fl. 2012) gav belägg för att tillväxtökningen räknades från plantering fram till slutröjning, men om träden får en initial tillväxtökning så ger det ett försprång som håller i sig hela omloppstiden (Nilsson m.fl. 2010).

Att antaganden om överlevnad och tillväxtökning var lika för norra och södra Sverige var rimliga kan diskuteras, troligen finns det vissa skillnader men dessa parametrar är även starkt beroende av objektet och andra faktorer. Förändringarna av dessa speglas även i känslighetsanalysen för respektive län.

De slutsatser som kan dras ifrån känslighetsanalyserna på överlevnad och plantantal var att generellt så stiger nuvärdet vid en ökad överlevnad. Att resultatet inte tydligt visade detta berodde på att ändringarna var små och simuleringen av träddata i Heureka också spelade in (Figur 2). Samma plantantal antogs för HÖG och HARV vilket medverkade till att HÖG fick ett sämre utfall i norra Sverige, om samma plantantal som för MEK hade används på HÖG hade denna metod blivit billigare och förmodligen fått bättre resultat även vid ökad grad av plantövelevnad.

Studien visare på att det inte är utan grunder som Brackes planteringsaggregat används idag av de stora skogsägarföreningarna. På vissa marker kommer maskinell plantering kunna ge en klar fördel gentemot manuell plantering, exempelvis på fuktiga och uppfrysningmarker där man kan dra fördel av högläggning och djupplantering (Örlander & Gemmel 1989).

Begränsningar

Studien baserades till stor del på en mängd antaganden, ansträngningar gjordes för att använda de mest rimliga antagandena. Tidsbegränsningen för studien har medfört en osäkerhet i medelvärdenas validitet. Studien var på så vis en teoretisk fallstudie, som bör ses som en pilotstudie och locka till vidare forskning på området.

Simuleringen i Heureka gjordes för att få tre teoretiska bestånd med exakt samma ståndortsegenskaper inom samma län. Man kan ifrågasätta om Heurekas optimering av

nuvärdet blev helt rätt då åtgärder och kostnader innan optimering inte fanns med i systemet. Heureka används inom stora delar av skogsbruket och är en stor möjlighet för skogsägarna. Heureka är ett program som ständigt kommer att uppdateras och bearbetas för att bli bättre, detta bidrar till att ett senare genomförande av denna studie hade kunnat få andra resultat trots samma ingångsdata.

Skötselprogrammet som togs fram i Heureka kan diskuteras om det var en rimlig skötselmetod då ytterst få gallringar utfördes, det kanske var mest lönsamt i en nuvärdesoptimering men man får även ta hänsyn till att skogsägaren eventuellt vill utföra fler gallringar för att täcka sina utgifter för skogsvård och andra kostnader. Skötselprogrammen som togs fram i Heureka var svåra att verifiera huruvida de är de mest optimala, det tenderar till att skilja stort i skötselprogram med en liten ändring av grundförutsättningar, detta var en av anledningarna till den kortare omloppstiden för HÖG i grundförutsättningarna. Det är även rimligt att anta att ålder för slutavverkning sker senare i verkligheten än vad Heurekas sköselförslag rekommenderade. Detta kontrollerades genom att senarelägga slutavverkning, vilket för samtliga system medförde en inoptimalförlust av nuvärdet vid 3 % räntekrav. Det system som förlorade mest på en senare slutavverkning var MEK därefter HÖG. Användningen av Heurekas simulerade bestånd eliminerade dock risken för systematiska fel vid inventering och de negativa sidorna med subjektiv inventering. Något som inte behandlas i Heureka är effekten av förädlade plantor som idag ger en högre tillväxtökning och förmodligen ännu mer i framtiden.

Flyttkostnaderna ansågs vara lika för samtliga maskiner, därmed blev de lika då bestånden inom samma län hade samma grundförutsättningar. Detta medförde att flyttkostnaden hade större inverkan i södra Sverige där hyggesstorleken var mindre.

Rekommendationer

Det skulle vara intressant att undersöka andra val av basmaskin för Brackes planteringsaggregat. En bandgrävare har begränsad framkomlighet och komfort, vilket gör det relevant att kolla på andra alternativ för basmaskin då detta eventuellt skulle kunna öka produktivitet och minska föryngringskostnad. En studie på hur produktiviteten påverkas genom ett annat plantladdningssystem (MagMat) har gjorts vilket visade att tidsåtgången för laddning av plantor kunde halveras genom att ladda aggregatet med plastkassetter istället för att fylla på plantor en efter en (Ersson m.fl. 2014). Idag är arbetskraften dyr och bristfällig vad gäller manuell plantering vilket ökar behovet för alternativa metoder. Studier på Silva Nova från 1990-talet visade att maskinens djupplantering gav vissa fördelar och att kostnaden för maskinell plantering kunde vara konkurrenskraftig i framtiden (Hallonborg m.fl. 1995), idag är Silva Novan inte aktuell längre men fördelarna med djupplantering för maskinell plantering finns kvar. Om maskinell plantering och således högläggning leder till en högre överlevnad för plantorna medför detta att antalet planterade plantor kan minskas vilket bör beaktas av skogsägarföreningarna. Detta medför en stor fördel för plantering med BP som höjer nuvärdet genom en lägre föryngringskostnad med ett mindre antal planterade plantor.

Slutsats

Resultaten visar på att maskinell plantering är ett rimligt alternativ för föryngring i både norra och södra Sverige. En tillväxtökning med en högläggande markberedningsmetod påverkar nuvärdet positivt. Maskinplanterings kostnadseffektivitet är känsligt för maskinens produktivitet och därför är viktigt att välja rätt marker. Brackes dyrare systemkostnad kan kompenseras genom att plantera färre plantor pga. den högre överlevnaden. Ökande kostnad för plantor och manuell plantering bidrar till att höja konkurrenskraften för maskinell plantering.

Referenser

- Bracke Forest AB (2014). P11.a – planteringsaggregat. [Online] Tillgänglig: <http://www.brackeforest.com/parser.php?did=344:2121> [2014-03-06]
- Bäckström, P.O. (1978). Maskinell plantering - förutsättningar, teknik, prestationer och kostnader. Forskningsstiftelsen skogsarbeten. Meddelande nr 13.
- Ersson, B.T. (2010). Possible Concepts for Mechanized Tree Planting in Southern Sweden -An Introductory Essay on Forest Technology. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetsrapport 269.
- Ersson, B.T. & Petersson, M. (2013). Återinventering av 2010 års maskinplanteringar – 3-års uppföljning. Skogsavdelningen. Södra Skog. Växjö. Rapport S048.
- Ersson, B, T; Bergsten, U; Lindroos, O. (2014). Reloading mechanized tree planting devices faster using a seedling tray carousel. *Silva Fennica*, V. 48 no. 2 article id 1064.
- Hallonborg, U; von Hofsten, H; Mattson, S; Thorsén, Å. (1997). Planteringsmaskiner I skogsbruket – en beskrivning av metoder och maskiner. *Skogforsk. Redogörelse nr 7*.
- Hallonborg, U; von Hofsten, H; Mattson, S; Hagberg, J; Thorsén; Nyström, C. (1995). Maskinell plantering med *Silva Nova* – nuvarande status samt utvecklingsmöjligheter i jämförelse med manuell plantering. *Skogforsk. Redogörelse nr 6*.
- Hallsby, G. (2013). Plantering av barrträd. Skogsstyrelsen. Skogsskötselserien nr 3.
- Johansson, K; Nilsson, U; Örlander, G. (2012). A comparizon of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry* 86(nr): 91-98.
- Luoranen, J; Rikala, R; Smolander, H. (2011). Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. *Silva Fennica*, 45: 341–357.
- Malmberg, C.E. (1990). Mekanisering av skogsodling. STU.
- MarkInfo. (2014). Dominerande markfuktighetsklass. [Online] Tillgänglig: <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/fukt/fuktdom.html> [2014-04-08]
- Nationalencyklopedin. (2014). Nuvärde. [Online] Tillgänglig: <http://www.ne.se/lang/nuvärde> [2014-02-27]
- Nieuwenhuis, M & Egan, D. (2002). An Evaluation and Comparison of Mechanized and Manual tree Planting on Afforestation and Reforestation Sites in Ireland. *International Journal of Forest Engineering*, 13(2): 11-23.
- Nilsson, U; Lauronen, J; Kolström, T; Örlander, G; Puttonen, P. (2010). Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 283-294

- Nordfjell, T. (2013) Kalkylering av maskinkostnader vid drivning, generella formler.
- Norra skogsägarna. (2014). Røjningsinstruktion. [Online] Tillgänglig: http://www.norra.se/SiteCollectionDocuments/Røjningsinstruktion_2012www_.pdf [2014-03-31]
- Nyström, C. (1994). Planteringspunkt och planteringsdjup – en litteraturstudie. Ins f skogsproduktion. SLU. Stencil 89
- Rantala, J; Harstela, P; Saarinen, VM; Tervo, L. (2009). A Techno-Economic Evaluation of Bracke and M-Planter Tree Planting Devices. *Silva Fennica*, 43: 659-667.
- Saksa, T; Heiskanen, J; Miina, J; Tuomola, J; Kolström, T. (2005). Multilevel modeling of height growth in young Norway spruce plantations in southern Finland. *Silva Fennica*, 39(1): 143-153.
- Sjögren, V. (2013). Naturlig förnygring efter markberedning med harv eller Bracke Planter i Småland. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Examensarbeten 2013:2
- Skogsstatistisk årsbok. (2013) Skogsstyrelsen.
- Skogsvårdslagstiftningen. (2014) Skogsstyrelsen.
- Sundblad, L.G. (2009). Grävmaskinburet aggregat klarar både inversmarkberedning och högläggning. *Skogforsk. Resultat nr 11*
- Södra skogsägarna. (2007). Skogsskötselhandbok.
- Södra skogsägarna. (2014). Røjning i barrskog – en lönsam investering. [Online] Tillgänglig: http://skog.sodra.com/Documents/Broschyrer%20och%20faktablad/S%c3%b6dra%20Skog/R%c3%b6jning_i_barrskog_med_S%c3%b6dra.pdf [2014-03-31]
- Wennström, U; Johansson, K; Lindström, A; Stattin, E. (2008). Produktion av frö och plantor. *Skogsskötselserien nr 2*.
- Uotila K., Rantala J., Saksa T., Harstela P. (2010). Effect of soil preparation method on economic result of Norway spruce regeneration chain. *Silva Fennica*, 44(3) article id 146.
- Örlander, G & Gemmel, P. (1989). Markberedning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift. Asa och Alnarp. nr. 3-89*.
- Örlander, G & Nilsson, U. (1999). Effect of Reforestation methods on Pine Weevil (*Hylobius abietis*) Damage and Seedling Survival. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14(4): 341-354.

Muntliga källor

- Berntsson, N.O. (2014). Muntlig källa. Bracke forest.

Ersson, B, T. (2014). Muntlig källa. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. SLU.

Holmberg, H. (2014). Muntlig källa. Södra Skogsägarna.

Lindgren, J. (2014). Muntlig källa. Norra Skogsägarna.

Rudberg, I. (2014) Muntlig källa. Swecon.

Åström, C. (2014) Muntlig källa. Swecon.

Bilagor

Bilaga 1.

Inställningar för ståndortsegenskaper I Heureka PlanWise

Parameters for stand properties in Heureka PlanWise

Parameter	Södra	Norra
Plot Area	100	100
Mean Age (total)	12	15
Latitude	57	64
Altitude (m)	200	100
Country	G-kronobergs	AC-Västerb (kust)
SI species	Spruce	Spruce
SIS (m)	30	24
SIH (m)	30	24
Slope	0-10%	0-10%
Slope dir	other	other
Soil depth	3-Deep (>70cm)	3-Deep (>70cm)
Plot type	Young stand	Young stand
Age Diversity	0 - Unknown	0 - Unknown
Climate code	K3	M1
Vegetation type	13-Bilberry	5-Low herbs, bilberry
Bottom layer	6-Mesic mosstype (friskmossa)	6-Mesic mosstype (friskmossa)
Soil moisture	2-Mesic (frisk)	2-Mesic (frisk)
Soil texture	Sandy, medium	Sandy, medium
Lateral water	2-Shorter periods	2-Shorter periods
Maturity class (NFI)	B3 (ungskog, h>3m)	B2/B3 (ungskog, 1,3- 3m/ungskog, h>3m)

Bilaga 2.

Kalkylering av maskinkostnader vid drivning, generella formler 2013

Tomas Nordfjell, Skogsteknologi

A) Kalkylering för ett oändligt stort bestånd och en maskin

- | | | |
|-----|--|---|
| (1) | $K_D = K_T / P$ | $K_D = \text{Drivningskostnad för aktuell maskin (kr/m}^3\text{)}$
$P = \text{Produktivitet (m}^3\text{/tim)}$ |
| (2) | $K_T = K_{\text{fast}} + K_{\text{rörl}}$ | $K_T = \text{Timkostnad för aktuell maskin (kr/tim)}$
$K_{\text{fast}} = \text{Fast kostnad (kr/tim)}$
$K_{\text{rörl}} = \text{Rörlig kostnad (kr/tim)}$ |
| (3) | $K_{\text{fast}} = (K_{\text{kap}} + K_{\text{uf}}) / S$ | $K_{\text{kap}} = \text{Kapitalkostnad (kr/år)}$
$K_{\text{uf}} = \text{Fast underhållskostnad (kr/år)}$
$S = \text{Systemtid (tim/år)}$ |
| (4) | $K_{\text{rörl}} = K_{\text{ur}} + K_{\text{driv}} + K_{\text{för}}$ | $K_{\text{ur}} = \text{Rörlig underhållskostnad (kr/tim)}$
$K_{\text{driv}} = \text{Drivmedelskostnad (kr/tim)}$
$K_{\text{för}} = \text{Förelön (kr/tim)}$ |
| (5) | $K_{\text{kap}} = (I - R_n) \times A$ | $I = \text{Investering (kr)}$
$R_n = \text{Restvärdets nuvärde (kr)}$ |
| (6) | $R_n = R \times (1+i)^{-n}$ | $A = \text{Amorteringsfaktor (Annuitetsfaktor)}$
$R = \text{Restvärde (kr)}$
$i = \text{Kalkylränta (\%/100)}$
$n = \text{Ekonomisk livslängd (år)}$ |
| (7) | $A = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ | |