



Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring

*Productivity and quality in first thinnings with strip roads
and intermediate passages*



Foto: Andreas Dahlin

Andreas Dahlin

Arbetsrapport 216 2008
Examensarbete 30hp D

Handledare: Ola Lindroos
Iwan Wästerlund

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-216-SE

Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring

*Productivity and quality in first thinnings with strip
roads and intermediate passages*

Andreas Dahlin

Examensarbete i ämnet skogshushållning med inriktning teknik
Handledare: Iwan Wästerlund och Ola Lindroos
Examinator: Tomas Nordfjell

Förord

Denna studie har genomförts som ett examensarbete omfattande 30 hp-poäng på D-nivå, vilket motsvarar 20 veckors heltidsstudier. Arbetet har utförts inom ämnet skogshushållning på Institutionen för skoglig resurshushållning på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Arbetet har genomförts under hösten och vintern 2007/2008.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Iwan Wästerlund och Ola Lindroos samt min examinator Tomas Nordfjell vid Institutionen för skoglig resurshushållning som ställt upp och hjälpt mig under arbetets gång. Ett stort tack riktas också till Bruno Kempe som med sina maskiner och personal ställde upp med tid. Naturligtvis vill jag också tacka skogsmaskinförarna under studien, Bengt Kempe och Martin Johansson som ställde upp med sitt tålamod. Ytterligare tack riktas till P-A Sjölund på Primaskog och Henrik Mårtensson på Persson Invest som fixade beståndet där fältstudien genomfördes under november månad 2007.

Umeå i mars 2008

Andreas Dahlin

Sammanfattning

Idag gallras den allra största delen av våra skogar maskinellt utan motormanuell huggning. De vanligaste tillvägagångssätten att gallra är stickvägsgående och beståndsgående med ett stråk mellan stickvägarna. I denna studie gjordes en tidsstudie och kvalitetsuppföljning på de tidigare nämnda metoderna samt beståndsgående gallring med två stråk mellan stickvägarna. Maskinerna som studerades var en liten beståndsgående skördare av märket Forestline MPM C90 och en Timberjack 1110 skotare.

I ett contortabestånd snitslades sex stycken parceller in på vardera 0,6 ha. Dessa sex parceller gallrades med de olika metoderna, två på vardera sätt. Därefter skotades två lass ut per parcell. Under gallringen och skotningen utfördes en tidsstudie med en handdator av märket Allegro CE. Efter utförd gallring och skotning gjordes kvalitetsmätningar i parcellerna. Studien genomfördes i Litsnäset utanför Östersund i Jämtland under hösten 2007.

Resultatet visade att det inte fanns någon signifikant skillnad i skördarproduktivitet mellan de tre olika gallringsmodellerna. För skotaren var det däremot en signifikant skillnad i produktivitet mellan de parceller som gallrats beståndsgående och stickvägsgående, där högst produktivitet nåddes i de bestånd som gallrades med två stråk mellan stickvägarna.

Den ekonomiska analysen visade att avverkningskostnaden för hela maskinsystemet var dyrast i den stickvägsgående modellen med 120,8 kr/m³fub för stickvägsgående, och 120,3 kr/m³fub för beståndsgående med ett stråk och 118,6 kr/m³fub för beståndsgående med två stråk.

Kvalitetsuppföljningen visade att gallringsmodellen med stickvägsgående gallring gav lägst andel skador på kvarvarande träd men högst andel stickvägsareal.

Nyckelord: Tidsstudie, skördare, skotare, ekonomi, gallringsskador, stickvägsareal

Summary

Nowadays the majority of the thinnings made in Swedish forests are done by machines, harvesters and forwarders. The most common model in thinning with a harvester is strip-road operated thinning and stand-operated thinning with one intermediate passage between the strip-roads. This study is a time study with some quality follow ups on a strip-road operated thinning model, a stand-operated thinning model with one intermediate passage between the strip-roads and a stand-operated thinning model with two intermediate passages between the strip-roads. The machines in the study were a small harvester (Forestline MPM C90) and a medium sized forwarder (Timberjack 1110).

The study was made in Litsnäset outside the city of Östersund in Sweden and was made during the autumn 2007. In a lodgepole pine stand six study units (0,6 ha) were thinned with the three different models, two study units per model. After the thinning was done two loads of timber per study units were forwarded out.

The results of the study showed that the performance of the harvester was similar when working with the stand-operated thinning models compared to the strip-road operated thinning model. The difference in performance between the three types of thinning models was not significant. The results for the forwarder showed that the difference in performance was significant between the models that were thinned with the stand-operated models and the strip-road operated model and it performed by far best in the model that was thinned with the stand-operated thinning with two intermediate passages between the strip-roads.

The quality follow up showed that the strip-road operated thinning model left fewer damaged trees in the remaining forest than the other two stand-operated thinning models. However, the stand-operated thinning models had a smaller strip-road area.

The financial analysis showed that the cutting costs for both machines were highest in strip-road operated thinning with 120,8 SEK/m³fub compared to 120,3 SEK/m³fub and 118,6 SEK/m³fub in stand-operated thinning with one and two, respectively, intermediate passages between the strip-roads.

Key words: Time study, harvester, forwarder, financial analysis, tree damage, strip-road area

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	3
Summary	4
Innehållsförteckning	5
1. Bakgrund	6
1.2 Mål	10
2. Material och metoder	11
2.1 Maskinerna	11
2.2 Utförande	11
2.3 Beståndet	14
2.4 Tidsstudien	16
2.5 Beräkningar	17
3. Resultat	19
3.1 Produktivitet	19
3.2 Gallringskvalitet	22
4 Diskussion	25
4.1 Tolkning av resultat	25
4.1.1 Skördaren	25
4.1.2 Skotaren	25
4.1.3 Kvalitet	27
4.1.4 Ekonomi	28
4.2 Egen kritik	30
5 Slutsatser	32
Referenser	33
Skriftliga	33
Internet	34
Bilaga 1 Modell och förutsättningar för drivningskostnadskalkyl	35
Bilaga 2 Sammanställning av variansanalyserna	36

1. Bakgrund

Gallring innebär beståndsvårdande utglesning av skog under tillvaratagande av gagnvirke. Med gallring flyttas produktion av virke över på ett färre antal stammar, p.g.a. att konkurrensen om näringsämnen, vatten och solljus minskar. Om gallring inte utförs kommer bestånden att självgallras och det innebär att vissa träd dör p.g.a. konkurrensen (Håkansson, 2000).

Vid maskinella gallringar är det endera stickvägsgående eller beståndsgående gallring som utförs. Stickvägsgående gallringar innebär att stickvägarna ligger på ca 18 – 22 meters avstånd mellan varandra. När gallringen utförs når då maskinen all ”mellanskog” från de båda stickvägarna. Beståndsgående gallring utförs så att man har ett eller två skördarkörstråk mellan stickvägarna. Då gallrar skördaren ”mellanskogen” från stråken som den tar upp mellan stickvägarna. Gallrar skördaren med ett stråk mellan stickvägarna upparbetar skördaren virket mot två stickvägar hela tiden. Om skördaren däremot gallrar med två stråk mellan stickvägarna lägger den bara ut virket mot den närmsta stickvägen. Stickvägarna används av både skördaren och skotaren medan stråken mellan stickvägarna används enbart av skördaren. Beroende på hur många stråk man har mellan stickvägarna, kan avståndet mellan stickvägarna variera mellan 25 – 35 meter. Givetvis beror också avstånden mellan stickvägarna på storleken på maskinen och kranlängden.

Beståndsgående gallring är en bra metod om markägaren vill ha mindre påverkan på marken och detta beror på att det blir färre stickvägar och därmed blir markpåverkan från skotaren mindre. Kvaliteten på utförd gallring om man tittar på det kvarvarande virket blir också bättre när man kör med stråk. Dels ökar den del man kan ta ut selektivt för att dana kvaliteten om det tvingande uttaget i stickväg blir mindre och dels kommer man åt att välja träd bättre när man kör i mellanzonen. Stickvägsarealen blir naturligtvis också mindre och det anses vara kvalitetshöjande. Skördarproduktiviteten talar för stickvägsgående gallring då skördaren har normalt en högre produktivitet vid gallring från stickväg.

Thor och Frohm (1997) gjorde en studie där de jämförde skillnaderna mellan det tvingande och selektiva uttaget vid olika avstånd mellan stickvägarna och olika maskinstorlekar. I en del av studien gallrade en mellanstor skördare ett tallbestånd och ett granbestånd med olika avstånd mellan stickvägarna, en modell som enbart gallrade från stickväg och som hade ca 18 m mellan stickvägarna och en modell som körde med ett stråk mellan stickvägarna och som hade ca 28 m mellan stickvägarna. De undersökte sedan hur stora skillnaderna var i det tvingande respektive det selektiva uttaget av huvudstammar eller nyttiga bistämmar mellan dessa gallringsmodeller. Skillnaderna var relativt små, mellan 10 – 20 stycken fler huvudstammar eller nyttiga bistämmar togs ut per hektar i den stickvägsgående modellen. Deras slutsats av resultatet var att det bara lönar sig att gallra med stråkmodellen med en mellanstor skördare där det går att påtagligt höja kvaliteten på beståndet. Vidare så gjordes också en studie på en liten skördare som också gallrade i dessa två bestånd men den gallrade enbart med stråkmodellen. Detta gjordes för att jämföra skillnaderna mellan maskinstorlekarna gällande det tvingande och selektiva uttaget av huvudstammar och nyttiga bistämmar. Resultatet visade att i tallbeståndet tog den mellanstora skördaren ut 4 % huvudstammar och

16 % nyttiga bistammar motsvarande siffror för den lilla skördaren var 0 % respektive 3 %. I granbeståndet tog den mellanstora skördaren ut 3 % huvudstammar och 30 % nyttiga bistammar motsvarande siffror för den lilla skördaren var 1 % respektive 13 % (Thor & Frohm, 1997).

Mellan 1992 och 1997 minskade andelen maskinell gallring med motormanuell mellanzonsfällning med 15 % medan andelen gallring utan mellanzonsfällning steg från 0 % 1987 till 39 % (Bäcke, 1997). Ytterligare 10 år har gått sedan undersökningen och tendensen har knappast vänt utan snarare ökat. Detta ställer allt högre krav på maskinerna som ska utföra gallringarna då man inte vill sänka kvalitetsnivån i gallringarna (Bäcke, 1997).

Thelins (1990) utredning visade att en liten beståndsgående gallringsskördare kan räknas hem om medelstammen understiger 0,10 fastkubikmeter på bark (m^3 fpb). Terrängförhållandena måste dock vara gynnsamma och stamantalet ska understiga 2000 st/ha efter gallring. Undersökningen byggde dessutom på att motormanuell fällning skulle användas för att komplettera den beståndsgående skördaren (Thelin, 1990).

Persson (1993) gjorde en jämförelse av beståndsgående gallring med olika stickvägsavstånd och ett respektive två körstråk mellan stickvägarna. Maskinen var en Rottne 2000 med 6,5 meters kran, dvs. en ganska liten maskin. Resultatet visade att med ett körstråk och två stickvägsavstånd (20 – 25) meter var produktiviteten i stort sett likvärdig mellan de båda alternativen. Den tid man tjänade på mindre kranhantering i 20 meters alternativet förlorades i längre körtid per träd p.g.a. att den totala körsträckan blev längre. Användes däremot 30 meter mellan stickvägarna och två körstråk var produktiviteten ca 5 % sämre än de föregående alternativen. Någon studie på skotning genomfördes ej.

Lindmark (2002) gjorde ett examensarbete om gallring för att belysa skillnaden i metod, kvalitet och ekonomi i stickvägsående kontra beståndsgående gallring. Arbetet gjordes på ett stort antal gallrade trakter i Västerbotten och resultaten visade att gallringskvoten blev något högre i den stickvägsallrade delen (0,86 – 0,82). Uttagen grundyta var något högre i beståndsgående gallring (33 % – 31 %). Den del av uttaget som utgjordes av stickvägarna var 22 % för beståndsgående gallring mot 28 % i stickvägsallring. Den genomsnittliga längden mellan stickvägarna var 20 m för stickvägsallrade bestånd och 28 m för beståndsgallrade. Den totala bedömningen var att kvaliteten blev bättre i de bestånd som gallrats enligt den beståndsgående modellen vad gäller utförandet enligt gallringsmall, dock var andelen skadade kvarvarande träd högre än i den stickvägsallrade metoden (Lindmark, 2002).

De mest aktuella produktivetsnormerna för engreppsskördare i gallring är drygt 10 år gamla (Brunberg, 1996) och normen är gjord på ett stort antal gallrade trakter. De trakter som studerats var gallrade enligt modellerna stickvägsående gallring, beståndsgående gallring samt stickvägsående gallring med motormanuell fällning i mellanzonen. Grundproduktiviteten och bortsättningsunderlaget som räknats fram visas i tabellerna 1 till 4. Lutning och svåra terrängförhållanden har utelämnats. Produktiviteten visas i tabellerna som G_0 -tid, vilket har tagits fram genom att höja produktiviteten i G_{15} -tid med 23 % i enlighet med normens riktlinjer (Brunberg, 1996). Grundproduktiviteten för skördaren visas i tabell 1.

Denna produktivitet korrigeras därefter med hjälp av tabellerna 2 – 4 beroende på vilka förhållande som gäller i det aktuella beståndet.

Tabell 1. Grundproduktivitet för engreppsskördare i gallring (Brunberg, 1996)

Table 1. Basic productivity for single-grip harvester in thinning (Brunberg 1996)

Produktivitet	Medelstam (m ³ fub)				
	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
Träd/G ₀ -tim	161	150	140	132	124
m ³ fub/G ₀ -tim	6,4	8,9	11,2	13,2	14,8

Tabell 2. Korrektion av grundproduktivitet för engreppsskördare i gallring gällande uttagna träd/ha (Brunberg, 1996)

Table 2. Correction of normal production for a single-grip harvester in thinning operation depending on the number of trees cut/ha (Brunberg 1996)

Korrektion (%)	Gallringsuttag träd/ha					
	500	600	700	800	900	1000
	-9	-6	-4	-2	-1	0

Tabell 3. Korrektion av grundproduktivitet för engreppsskördare i gallring gällande kvarvarande träd/ha och granandel (Brunberg, 1996)

Table 3. Correction of normal production for a single-grip harvester in thinning operation depending on the number of remaining trees/ha and the share of Norway spruce trees (Brunberg 1996)

Granandel (%)	Antal kvarstående (träd/ha)				
	1000	1250	1500	1750	2000
0	12	10	9	7	6
50	0	-2	-4	-5	-7
100	-10	-12	-14	-16	-18

Tabell 4. Korrektion av grundproduktivitet för engreppsskördare i gallring gällande andel lövträd (Brunberg, 1996)

Table 4. Correction of normal production for a single-grip harvester in thinning operation depending on the share of broad-leaved trees (Brunberg 1996)

Korrektion (%)	Andel lövträd (%)				
	0	25	50	75	100
	0	-1	-3	-4	-5

De senaste produktivitetensnormerna för skotare i både gallring och slutavverkning är några år gamla (Brunberg, 2004). De normerna bygger på äldre produktivitetensnormer som har uppdaterats p.g.a. den tekniska utvecklingen. I tabell 5 visas produktiviteten för en medelstor skotare vid olika terrängtransportavstånd vid gallring, där gränsen för mellanstor skotare är att lastkapaciteten ligger i spannet 10000 kg till 14000 kg. Produktiviteten visas i tabell 5 som G_0 -tid, men vid omföring till G_{15} -tid sänktes produktiviten med 8 % i enlighet med normens direktiv (Brunberg, 2004).

Tabell 5. Grundproduktivitet för medelstor skotare i gallring vid olika terrängtransportavstånd (Brunberg, 2004)

Table 5. Basic production for a medium sized forwarder at different distances to landing (Brunberg 1996)

Produktivitet	Enkelt transportavstånd (m)			
	100	300	500	700
$m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$	16	13,6	11,9	10,5

Vid förstagallringar i bestånd med låg medelstam är det ofta svårt att få en bra ekonomi. Det kan vara svårt att gå plus på en gallring. Ett alternativ till ett konventionellt system med skördare och skotare i tidiga gallringar är att använda drivare, tanken med detta har varit att få bättre ekonomi genom att sänka avverkningskostnaden. Wester (2001) gjorde en tidsstudie på en Hemek drivare med ett modifierat Pogen 1.0 kombinationshuvud (skördaraggregat och grip). Målet var att jämföra produktivitetsskillnaden mellan ett fast lastutrymme och ett rörligt lastutrymme. Föraren skulle upparbeta virket direkt in i lastutrymmet. Produktiviteten i slutavverkning var 10,9 $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ med rörligt lastutrymme och 10,3 $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ med fast. Skillnaden var således ganska liten i slutavverkning. I gallringen producerade maskinen 6,0 $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ med rörligt lastutrymme respektive 5,0 $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ med fast. I gallringen var skillnaden i det här försöket alltså ganska stor (ca 20 %). Ekonomin för gallringen med denna maskin blev 155 kr/ $m^3\text{fub}$ med rörligt lastutrymme och 192 kr/ $m^3\text{fub}$ med fast lastutrymme. I arbetet gjordes också en jämförelse med ett konventionellt system, d.v.s. en skördare och en skotare, för vilket kostnaden uppgick till 132 kr/ $m^3\text{fub}$. Maskinkostnaderna som redovisats gällde när maskinerna arbetade i tvåskift med två överlappande timmar. I den ekonomiska jämförelsen hade inte flyttkostnader räknats med. Slutsatsen i arbetet var att drivaren enbart var lönsam om mycket små poster skulle avverkas och sattes flyttkostnaden till 2000 kr/maskin var det lönsamt att gallra med drivaren om uttaget understeg 182 $m^3\text{fub}$. Denna maskin var en prototyp och författaren skriver att troligen kan flera förbättringar göras både på maskinen och i arbetsmetoder då föraren inte hade kört maskinen så länge. Den här studien pekar på att om inte maskinen kan producera bättre så är det endast lönsamt på mycket små avverkningar (Wester, 2001).

Ljungdahl (2004) gjorde en tidsstudie på en drivare i en förstagallring med en Valmet 801 Combi. Det som studerades var hur tre olika arbetssätt påverkade produktiviteterna. Vid backmetoden backade maskinen in i beståndet och upparbetade vägträden direkt i lastutrymmet därefter gallrades mellanzonen på tillbakavägen. Vid fällmetoden körde

maskinen framåt in i beståndet och fällde och upparbetade vägträden i högar på marken vid slutet av vägen vändes maskinen och kördes framåt tillbaka varpå den direktlastade de träd den gallrade från mellanzonen samt att den lastade upp de nyfällda högarna. Vid totalbackmetoden backade maskinen in i beståndet och direktlastade de träd den fällde i vägen samt att den också direktlastade de träd den gallrade i mellanzonen. Med en medelstam på 0,057 var produktiviteten med backmetoden 5,1 m³fub/G₀-timme, med fällmetoden 6,0 m³fub/G₀-timme och med totalbackmetoden 5,2 m³fub/G₀-timme. Den ekonomiska analys som gjordes visade att kostnaden för backmetoden hamnade på 162 kr/m³fub, för fällmetoden 139 kr/m³fub och för totalbackmetoden 155 kr/m³fub. En jämförelse gjordes med ett konventionellt system och där blev kostnaden 141 kr/m³fub (Ljungdahl, 2004).

Sammanfattningsvis kan det nämnas att drivargallring är förhållandevis väl studerat i klena gallringar, men för konventionella system med skördare och skotare finns få gjorda jämförelser mellan stickvägsgående och beståndsgående gallring och det finns ännu färre där skotning är medtagen.

1.2 Mål

Målet med detta arbete var att göra en komparativ produktivitets- och kvalitetsstudie vid första gallring med avseende på drivningsmetoderna stickvägsgående och beståndsgående med ett eller två stråk mellan stickvägarna. De parametrar som analyserades var produktivitet och kostnad vid väg fördelat på skördare och skotare. Kvalitet på utförd gallring mättes genom bestämning av stickvägsareal, uttagen grundyta, gallringskvot samt andel körskador på kvarvarande träd.

2. Material och metoder

Studien genomfördes som ett randomiserat blockförsök med tre olika gallringsmodeller som lottades ut i vart och ett av de två blocken. Blockindelningen gjordes så att dess parceller var så lika som möjligt med avseende på stamantal, grundyta och volym per hektar samt medelstamsvolym och gjorde därmed det möjligt att under likvärdiga förhållanden jämföra de olika gallringsmodellerna.

2.1 Maskinerna

Skördaren som studerades var en kombimaskin av märket Forestline MPM C90 av årsmodell 2007. Maskinen var delbar i midjan så att användaren skulle kunna koppla på en skotarvagn istället för skördardelen. Den var byggd och utvecklad av Nils och Nicklas Bergström i Örnköldsvik och först och främst framtagen för gallringar. I studien användes den dock bara som skördare p.g.a. att skotarvagnen inte fanns färdigtillverkad vid studietillfället. Skotningen gjordes istället med en Timberjack 1110 av årsmodell 2001.

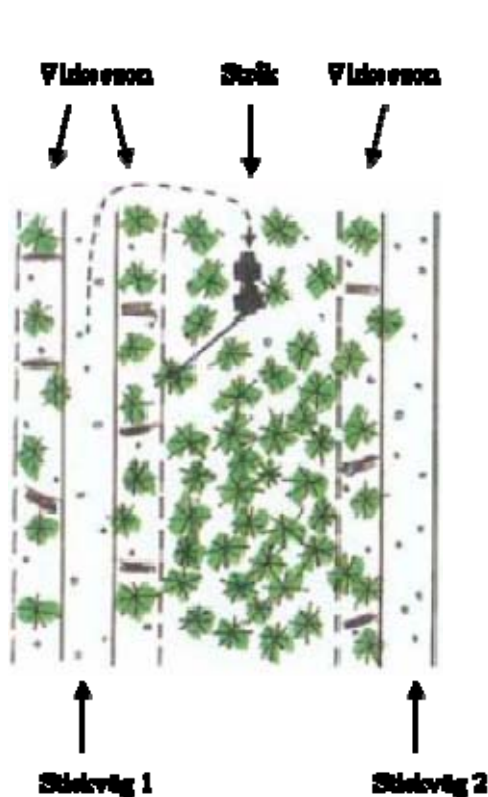
Skördaren var en prototyp med en motor av modell Perkins 1106D – 66 TA Steg 3 Tier med en bruttoeffekt på 159 kW (221 hk) vid 1800 varv per minut (rpm). Vridmomentet var 932 Nm vid 1200 rpm. Kraftöverföringen var hydrostatisk/mekanisk med en dragkraft på 145 kN. Midjestyrningen hade en styrvinkel på 48 grader. Maskinbredden var 2,44 m. Skördarkranen var av märket Mowi EGS 900/L med en räckvidd på nio meter och aggregatet var ett Logmax 4000. Apteringsystemet som användes var Cabswin. Skördarföraren hade jobbat som skördarförare i ca två år och kört den aktuella maskinen ungefär ett år.

Skotarens motor hade en effekt av 113 kW och midjestyrningen hade en styrvinkel på 44 grader. Lastytan var 4,2 m² och maskinen hade en lastförmåga på 11000 kg. Maskinbredden var 2,89 m och längden var nio meter. Skotarföraren hade kört skotare i ca 15 år och den aktuella skotaren i ungefär två och ett halvt år.

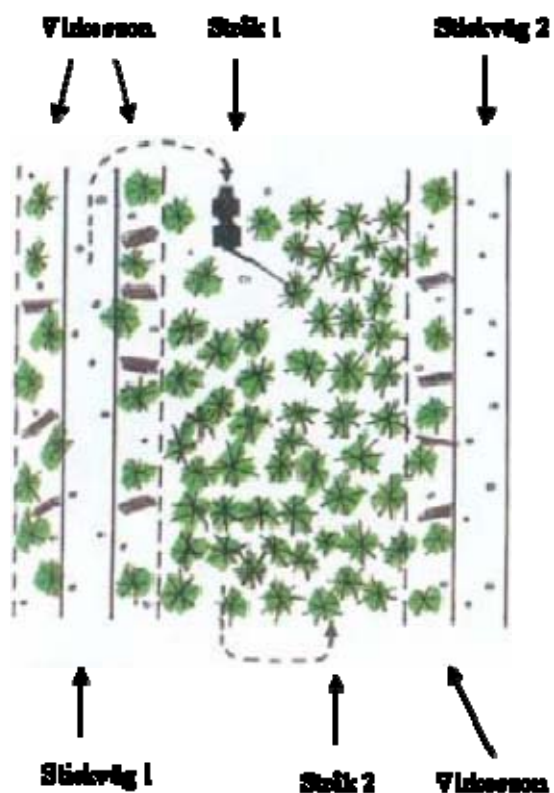
2.2 Utförande

I figurerna 1a – 1b visas tillvägagångssättet för de beståndsgående gallringsmodellerna. Notera att beståndsgående med två stråk innebär att skördaren måste ”lyfta” ungefär hälften av det upparbetade virket som den tar ut i mellanzonen till närmsta stickväg. Vid beståndsgående med ett stråk upparbetar skördaren som vanligt åt båda hållen.

Skotningsstudien omfattade två lass per parcell, d.v.s. totalt tolv lass. Enligt bedömning var lastkapaciteten på skotaren ungefär tio m³fub. Skotarföraren försökte i största möjliga mån lasta lika mycket på varje lass och därför baserades all beräkning på en laststorlek på tio m³fub.



Figur 1a. Skördarens körschema vid gallring med ett stråk mellan stickvägarna (efter Persson 1993).
Figure 1a. The harvester's driving pattern during stand-operated thinning with one intermediate passage between the strip-roads (after Persson 1993).



Figur 1b. Skördarens körschema vid gallring med två stråk mellan stickvägarna (efter Persson 1993).
Figure 1b. The harvester's driving pattern during stand-operated thinning with two intermediate passages between the strip-roads (after Persson 1993).

Avverkningen gjordes under dagtid i november månad år 2007. Temperaturen varierade mellan 0°C och +5°C. Det var uppehåll under tiden för avverkningen men det snöade under helgerna varvid det under andra delen av studierna låg någon decimeter snö på backen. De enda direktiv han fick var på vilka tre sätt gallringen skulle utföras och att gallringen skulle påbörjas på samma sätt i alla parceller. Skördaren påbörjade alltid gallringarna med en stickväg längs den västra gränsen. Skotaren påbörjade alltid lastningen på det första lasset längst ned på den stickväg som låg längst ifrån avlägget, i den här studien innebar det på stickväg två, tre eller fyra (Figur 2a – 2c) beroende på vilken gallringsmetod som användes. Lass två påbörjades där lass ett avslutades. För skotarproduktiviteten innebar det att skillnaden i produktivitet mellan stickvägsgående gallring och beståndsgående med ett stråk blev mindre än vad den hade kunnat vara då det inte låg något beståndsstråk på båda sidor om stickväg tre i den modellen (Figur 2b). Samma sak gäller för skillnaden mellan beståndsgående med ett stråk och beståndsgående med två stråk, skillnaden hade kunnat vara mindre mellan de två modellerna om det funnits ett beståndsstråk på båda sidor om stickväg tre (Figur 2b).

Parcellerna skilde sig lite åt i beståndskaraktäristika då tre parceller hade högre medelstam och färre stammar än de andra tre. I tabell 6 och 8 redovisas de parceller som liknade varandra som block ett och block två. I varje block gallrades en parcell med respektive gallringsmodell. I tabell 6 och 8 visas en sammanställning av de båda blocken där medelvärdet för de olika uppgifterna är uträknade för respektive block före och efter gallring. Tabell 7 visar uttaget ur respektive parcell.

Tabell 6. Beståndsdata för parcellerna inom de olika blocken innan gallring samt gallringsmodell
Table 6. Stand data for the study units before thinning and. thinning model

Block	Gallringsmodell	Träd (antal/ha)	Grundyta (m ²)	Volym (m ³ fub/ha)	Medelstam (m ³ fub)
1	Stickväg	1838	24	125	0,07
	Bestånd, 1 stråk	1987	24	137	0,07
	Bestånd, 2 stråk	1854	23	132	0,07
	Medel	1893	24	131	0,07
2	Stickväg	1573	26	150	0,1
	Bestånd, 1 stråk	1424	21	111	0,08
	Bestånd, 2 stråk	1672	24	132	0,08
	Medel	1556	24	131	0,09

Tabell 7. Översikt av uttagen per parcell för skördaren

Table 7. Number of trees, volume and mean stem size cut per study unit when thinning

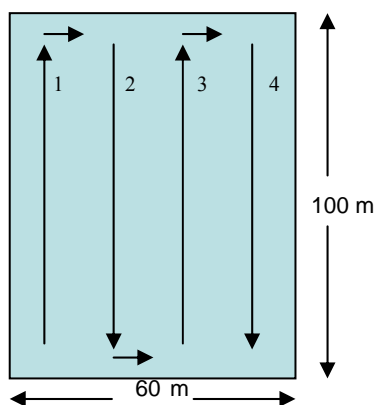
Uttag	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Träd (antal/ha)	1	747	810	798
	2	635	583	758
Volym (m ³ fub/ha)	1	40,7	46,5	43,3
	2	39	35	52,3
Medelstam (m ³ fub)	1	0,055	0,057	0,054
	2	0,059	0,060	0,069

Tabell 8. Beståndsdata för parcellerna inom de olika blocken efter gallring samt gallringsmodell
Table 8. Stand data for the study units after thinning and thinning model

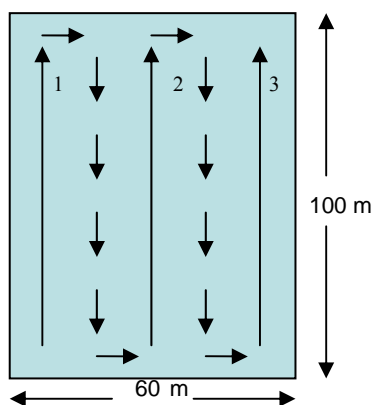
Block	Gallringsmodell	Träd (antal/ha)	Grundyta (m ²)	Volym (m ³ fub/ha)	Medelstam (m ³ fub)
1	Stickväg	1175	17	96	0,08
	Bestånd, 1 stråk	1175	16	73	0,06
	Bestånd, 2 stråk	1043	14	83	0,08
	Medel	1131	16	84	0,07
2	Stickväg	1159	18	109	0,09
	Bestånd, 1 stråk	911	14	82	0,09
	Bestånd, 2 stråk	927	14	98	0,11
	Medel	999	15	96	0,1

2.3 Beståndet

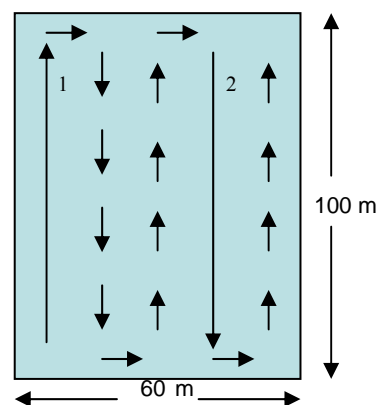
Beståndet var ett förstagallringsbestånd av planterad contortatall beläget i Litsnåset, ca 3,5 mil nordöst om Östersund. I beståndet lades sex parceller ut som var 0,6 ha, två vardera för de olika arbetssätten stickväggående, beståndsgående med ett stråk och beståndsgående med två stråk. I figurerna 2a – 2c illustreras de olika parcellerna schematiskt. Helderagna pilar visar stickvägar och streckade småpilar visar beståndsstråk. Som det visas i figurerna 2a – 2c innebar modellen stickväggallring att parcellerna innehöll fyra stickvägar med ett avstånd mellan dem på 12,8 m. I modellen beståndsgående med ett stråk innehöll parcellerna tre stickvägar med ett avstånd mellan dem på 22,4 m och i modellen beståndsgående med två stråk innehöll parcellerna två stickvägar med ett avstånd mellan dem på 34,7 m. Antalet stråk i parcellen var följaktligen noll, två och tre för modell ett, två respektive tre.



Figur 2a.
Stickväggallring.
Figure 2a. Strip-road
operated thinning.



Figur 2b. Beståndsgående med
ett stråk.
Figure 2b. Stand-operated
thinning with one
intermediate passage
between the strip-roads.

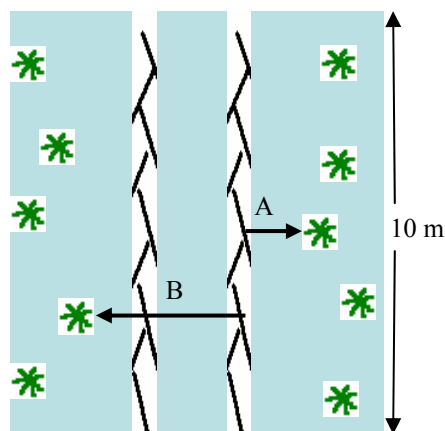


Figur 2c. Beståndsgående med
två stråk.
Figure 2c. Stand-operated
thinning with two
intermediate passages
between the strip-roads.

De parceller som ingick i studien mättes upp och snitslades in med hjälp av trådmätare och kompass. I parcellerna lades tre cirkelprovytor objektivt ut på beståndskartan genom att startpunkten, d.v.s. första provytecentrum, lades ut slumpmässigt utifrån parcellens sydvästra hörn dock bestämdes att första provytan skulle börja mellan fem och tio meter in i parcellens längdriktning, vilket räknades fram genom att multiplicera förbandslängden med slumpantal mellan 0,12 – 0,24. Provytorna lades sedan ut på rät linje i parcellens längdriktning med ett avstånd på 41 m mellan provytecentrumen. Cirkelprovytornas radie var 8 meter vilket innebar att varje provyta hade en areal på 201 m². I provytorna mättes diameter på alla träd som bedömdes ge gagnvirke och trädslaget noteras. Höjden mättes på ca tre slumpade träd per yta. Grundytan mättes med relaskop från provytecentrum. Dessa mätningar gjordes före gallring för att kunna räkna ut medelstam, beståndsvolym, trädslagsfördelning och grundyta i beståndet innan ingreppet. Efter gallringen besöktes ytorna igen, vilket möjliggjordes genom att provytecentrum märktes med sprayfärg med GPS-notering som backup. Även denna gång klavades träden in och 2-3 slumpade träd höjdmättes samt att grundytan mättes in. Därigenom fanns möjlighet att räkna ut uttagen respektive kvarvarande medelstam, volym, trädslagsblandning och grundyta.

En kvalitetsuppföljning utfördes också i cirkelprovytorna efter gallringen och skotningen. På dessa ytor antecknades skador på kvarvarande träd i tre klasser, små (< 15 cm²), medel (≥ 15cm² - < 100 cm²) och stora (≥ 100 cm²). Gallringskvoten räknades i denna studie ut med hjälp av medelstam istället för som i normalfallet med hjälp av medeldiameter. Det innebär att gallringskvoten räknas ut som medelstammen på de uttagna träden dividerat med medelstammen på de kvarvarande träden. För gallringskvoten gäller generellt att $\geq 1 =$ höggallring, $0,8 \leq 1 =$ likformig gallring och $\leq 0,8 =$ låggallring.

Dessutom gjordes det också mätningar på stickvägarna och beståndsstråken. Bredden på dessa vägar mättes på två ställen längs vägarna, mellan 40 – 50 m och mellan 80 – 90 m (Figur 3). Dessa mätningar gjordes med måttband enligt Fröding (1992). På dessa ställen mättes också avstånden mellan stickvägarna.



Figur 3. På en tio meter lång sträcka mättes avståndet till de två närmaste träden (A och B) till ena hjulspårets mitt. De två värdena adderades för att få stickvägens eller beståndsstråkets bredd.

Figure 3. On a ten meter strip the distance to the nearest tree on both sides were measured to the middle of one tyre-track. The values were added for the strip-road width the same procedure were made for measuring the intermediate passage width.

Ytstrukturen och lutningen bedömdes enligt terrängtypschema för skogsarbete (Berg, 1982). Bedömningen gjordes subjektivt på hela parcellen.

2.4 Tidsstudien

Tidsstudien gjordes i centiminuter (cmin) med hjälp av programmet SIWORK 3.1 och en handdator av modellen Allegro CE. Tidsstudien för skördaren delades upp i två delar vid den beståndsgående gallringen, en del när maskinen gallrade från stickvägarna samt en del när gallring från beståndsstråk gjordes. Detta gjordes för att lättare kunna jämföra om det låg någon produktivitetsskillnad dem emellan.

Tabell 9. Beskrivning av moment och prioritet i tidsstudien för skördaren

Table 9. Description of elements and priority in the time study for the harvester

Prioritet	Moment
1	Avverkning från stickväg, innefattar fällning, upparbetning, kapning och kranarbete. Startar när kranen griper om trädet och slutar när toppen släpps.
1	Avverkning från beståndstråk, innefattar fällning, upparbetning, kapning och kranarbete. Startar när kranen griper om trädet och slutar när toppen släpps.
2	Körning mellan uppställningsplatser. Startar när hjulen börjar rulla och slutar när hjulen stannar.
3	Övrigt arbete, innefattar arbete som har med avverkningen att göra t.ex. att ta bort röjstam.
3	Avbrott, innefattar alla avbrott som inte är avverkning och körning. Startar när ev. avbrott inträffar och slutar när skördararbetet återupptas.

Avståndet till avlägg mättes för varje lass. I alla parceller började skotaren alltid längst in på den stickväg som hade sin början i närheten av det sydöstra hörnet i parcellen. Lass två påbörjades där lass ett avslutades.

Tabell 10. Beskrivning av moment och prioritet i tidsstudien för skotaren

Table 10. Description of elements and priority in the time study for the forwarder

Prioritet	Moment
1	Lastning, innefattar allt kranarbete under lastning samt körning under lastning. Startar när kranen börjar röra sig mot virket och slutar när kranen lagts tillrätta i transportläge efter att sista virket lastats.
1	Lossning, innefattar allt kranarbete under lossning samt körning under lossning. Startar när kranen börjar röra sig för avlastning vid avlägg och slutar när kranen lagts tillrätta i transportläge.
2	Körning utan last. Startar när hjulen börjar rulla från avlägget efter att sista virket lastats av och slutar när hjulen stannar vid virket i skogen.
2	Körning med last. Startar när hjulen börjar rulla efter att kranen lagts tillrätta i transportläge efter att sista virket lastats och slutar när hjulen stannar vid avlägg.
3	Övrigt arbete, innefattar arbete som har med avverkningen att göra.
3	Avbrott, innefattar alla avbrott som inte är lastning, lossning eller körning. Startar när ev. avbrott inträffar och slutar när skotningsarbetet återupptas.

2.5 Beräkningar

Parcellernas utgångsvolym, uttagen volym samt den kvarvarande volymen mättes med en Mantax dataklave av märket Haglöf, programmet som användes var estimate. Beräkningarna gjordes i dataklaven. Som grund för beräkningarna låg Brandels (1990) mindre volymfunktion för tall i norra Sverige. Höjden mättes på ca tre träd per cirkelprovyta, vilket resulterade i att ca nio träd per parcell utgjorde grunden för höjdberäkningarna. Dessa gjordes så att beroende på deras diameter och höjd bildades en höjdkurva över trädhöjderna vid givna diametrar.

Brandels mindre volymfunktion, funktionsgrupp (300):

$$V = 10^{-1,25246} \times D^{1,98244} \times (D + 20,0)^{-0,13118} \times H^{1,03781} \times (H-1,3)^{-0,03482}$$

V = Stamvolym ovanför stubbe under bark i dm³.

D = Brösthöjdsdiametern på bark i cm.

H = Trädets höjd ovan mark i meter.

För produktivetsberäkningarna användes uttagsuppgifterna som kom från skördardatorn.

För skördarens produktivitet har tidsåtgången för respektive arbetsmoment räknats ihop. I resultatet visas tidsåtgången i cmin per moment. Den totala produktiviteten i m³fub/cmin räknades ut genom att dividera antal uttagna m³fub med den totala tiden för avverkningen. Med dessa data beräknades också produktiviteten angivet i m³fub/G₀-timme.

Produktiviteten för skotaren beräknades som tidsåtgång i cmin/m³fub och som m³fub/G₀-timme för de olika gallringsmodellerna. Allt detta räknades ut både vid faktiska terrängtransportavstånd och utan körning till avlägg d.v.s. enbart produktiviteten vid lastning. För både skördaren och skotaren beräknades en avverkningskostnad per m³fub.

Produktiviteten för maskinsystemet d.v.s. både skördaren och skotaren räknades ut genom att för varje maskin dela 60 med produktiviteten i G₀-timme, de värdena som erhöles per maskin summerades med varandra för att sedan räknas tillbaka till produktivitet per G₀-timme och detta gjordes genom att dela 60 med det summerade värdet för båda maskinerna.

Data sammanställdes i Microsoft Excel och analyserades genom variansanalys (ANOVA) i Minitab 15 baserad på modellen:

$$y_{ij} = \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

där y är den beroende variabeln, α är den oberoende huvudeffekten av gallringsmodellen och β är den oberoende effekten av blockningen. Dessutom innehåller modellen effekten av de slumpvisa avvikelserna (e). ANOVA-modellen analyserades genom en generell linjär modell (GLM) och skillnader mellan olika nivåer på huvudeffekter (olika gallringmodeller) har analyserats med hjälp av Tukey-test. Som gräns för signifikanta skillnader har 5 % använts.

3. Resultat

3.1 Produktivitet

Skördaren studerades i totalt 19 timmar och 15 minuter, varav avbrott och övrigt arbete uppgick till 1 tim och 52 minuter (9,7 %). Skotaren studerades i totalt 3 timmar och 50 minuter varav avbrott och övrigt arbete uppgick till 5 minuter (2,2 %). Avbrott och övrig tid inkluderades inte i analyserna nedan, eftersom dessa avsåg effektiv arbetstid (G_0 -tid).

Skördarens produktivitet skilde sig inte signifikant mellan de olika gallringsmodellerna eller blocken ($p=0,891$ respektive $p=0,216$) (Tabell 11). Inte heller den uttagna medelstammen hade någon signifikant påverkan på produktiviteten då den testades som kovariat ($p=0,546$).

Skotarens produktivitet skilde sig signifikant ($p=0,048$) åt mellan gallringsmodellerna, där produktiviteten var lägre i stickvägsgående gallring än i beståndsgående gallring (Tukey-test, $p \leq 0,058$) (Tabell 11). Någon signifikant skillnad mellan de olika beståndsgående gallringsmodellerna fanns dock inte (Tukey-test, $p=0,996$). Det fanns heller ingen signifikant ($p=0,188$) skillnad i skotarproduktivitet mellan blocken. Ett kovariat-test på avståndet till avlägg visade att det inte påverkade produktiviteten signifikant ($p=0,212$).

Skotarens produktivitet med avseende på enbart lastningen skilde sig inte riktigt signifikant ($p=0,076$) åt mellan gallringsmodellerna. Den största skillnaden återfanns mellan modellen beståndsgående med två stråk jämfört med den stickvägsgående gallringsmodellen (Tukey-test, $p=0,073$) medan skillnaderna var minst mellan den stickvägsgående gallringsmodellen och den beståndsgående med ett stråk (Tukey-test, $p=0,4401$).

Maskinsystemets produktivitet skilde sig inte signifikant mellan de olika gallringsmodellerna eller blocken ($p=0,684$ respektive $p=0,161$) (Tabell 11).

Tabell 11. Produktiviteten för skördaren, skotare (med och utan körning) samt för hela maskinsystemet (m³fub/G₀-tim)

Table 11. The production for the harvester in the six study units and the production for the forwarder with and without the drive to landing (m³fub/G₀-tim)

Maskin	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Skördare	1	7,9	8,3	7,7
	2	9,2	8,2	9,2
	Medel	8,6^a	8,3^a	8,5^a
Skotare	1	14,7	17,2	17,9
	2	13,5	17,2	16,4
	Medel	14,1^a	17,2^b	17,2^b
Skotare, enbart lastning	1	21,3	23,3	26,3
	2	22,7	25	31,3
	Medel	22^a	24,2^a	28,8^a
Maskinsystemet (skördare + skotare, enbart lastning)	1	5,8	6,1	5,9
	2	6,6	6,2	7,1
	Medel	6,2^a	6,2^a	6,5^a

Inom rader är värden med olika upphöjda bokstäver signifikant skilda åt ($p < 0,05$).

Även om varken medelstam eller avstånd till avlägg hade signifikanta effekter på produktiviteten i studien normerades dessa variabler för att få jämförbara produktivitetsvärden till den ekonomiska analysen (Tabell 12).

Tabell 12. Den normerade medelproduktiviteten för de olika gallringsmodellerna. För normeringen gäller att uttagsmedelstammen är 0,059 m³fub och skotningsavståndet 440 meter

Table 12. A calculated adjusted production for the harvester and the forwarder, based on an average stem volume of 0,059 m³fub and a distance to the landing of 440 m

Normerad produktivitet (m ³ fub/G ₀ -tim)	Gallringsmodell		
	Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Skördare	8,7	8,3	8,2
Skotare	14,7	16,3	17,5
Maskinsystemet	5,5	5,5	5,6

Skördaren använde i snitt mindre tid per träd för upparbetningen i stickvägsmodellen medan mest tid per träd krävdes i modellen beståndsgående med två stråk (Tabell 13). För skotarens lastning gällde det omvända (Tabell 13).

Tabell 13. Produktiviteten för skördaren samt lastningstiden och skotningsavstånd för skotaren
Lastningstiden är ett medelvärde på de två lass som lastades per parcell

Table 13. The production for the harvester and the loading time and the distance to the landing for the forwarder. The loading time is the mean value of the two loads that were loaded in each study unit

Variabel	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Tidsåtgång för skördaren (cmin/träd)	1	41,3	41,3	42,2
	2	38,9	43,8	45,3
	Medel	40,1	42,6	43,8
Lastningstid för skotaren (cmin/lass)	1	2823	2607	2298
	2	2652	2371	1943
	Medel	2738	2489	2121
Medelskotningsavstånd (m)	1	430	238	322
	2	649	323	675

Andelen körtid av total tid för skördaren skilde sig inte signifikant mellan de olika gallringsmodellerna eller blocken ($p=0,515$ respektive $p=0,431$) (Tabell 14). Körtiden var något lägre i stickvägsgående gallring än i beståndsgående gallring. I gallringsmodellen beståndsgående med två stråk använde skördaren lika mycket tid till avverkning i stickväg som i beståndsstråk.

Tabell 14. Arbetsmomentens fördelning för skördaren (%)*Table 14. The time share for the different elements in % for the harvester*

Arbetsmoment	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Avverkning i stickväg	1	83	54	36
	2	82	49	40
	Medel	82,5	51,5	38
Avverkning i beståndsstråk	1	--	28	43
	2	--	25	40
	Medel	--	26,5	41,5
Körtid	1	17	18	21
	2	18	26	20
	Medel	17,5^a	22^a	20,5^a

Inom rader är värden med olika upphöjda bokstäver signifikant skilda åt ($p < 0,05$).

3.2 Gallringskvalitet

För samtliga gallringsmodeller utfördes gallringen i form av låggallring (gallringskvot $\leq 0,8$), där beståndsgående med ett stråk låg på gränsen till att vara likformig gallring (Tabell 15). Avståndet mellan stickvägarna var längre och följaktligen var stickvägsarealen mindre i de parceller som gallrats beståndsgående (Tabell 15).

För den beståndsgående modellen med två stråk var andelen uttagen grundyta signifikant (Tukey-test, $p \leq 0,036$) högre än för de andra två gallringsmodellerna (Tabell 15). Bredden på stickvägarna och gallringskvoten skilde sig inte signifikant ($p = 0,382$ respektive $p = 0,404$) mellan gallringsmodellerna (Tabell 15). Bredden på stråken skilde sig inte signifikant ($p = 0,874$) mellan de beståndsgående gallringsmodellerna (Tabell 15).

Tabell 15. Gallringskvaliteten för de olika gallringsmodellerna
Table 15. The thinning quality for the different thinning models

Variabel	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Uttagsandel (% av grundyta)	1	29	33	39
	2	31	33	42
	Medel	30^a	33^a	40,5^b
Gallringskvot	1	0,69	0,95	0,68
	2	0,66	0,67	0,63
	Medel	0,68^a	0,81^a	0,66^a
Stickvägsbredd (m)	1	4,2	4,6	4,2
	2	4,3	4,3	4,2
	Medel	4,3^a	4,5^a	4,3^a
Stråkbredd (m)	1	-	3,3	3,6
	2	-	3,8	3,6
	Medel		3,6^a	3,6^a
Avstånd mellan stickvägar (m)	1	13,2	21,8	34,6
	2	12,4	22,9	34,7
	Medel	12,8	22,4	34,7
Stickvägsareal (%)	1	28	23	14
	2	28,6	21,5	14,6
	Medel	28,3	22,2	14,3

Inom rader är värden med olika upphöjda bokstäver signifikant skilda åt ($p < 0,05$).

Den totala skadefrekvensen på kvarvarande träd efter utförd gallring och skotning var inte signifikant skild för de olika gallringsmodellerna eller blocken ($p=0,351$ respektive $p=0,131$) (Tabell 16). Enligt Skogsstyrelsens normer räknas dock bara skador större än 15 cm² (Bäcke 1997), men inte heller enligt denna definition skilde sig frekvensen av skador på kvarvarande träd åt mellan vare sig gallringsmodellerna eller blocken ($p=0,613$ respektive $p=0,116$).

Tabell 16. Andel skador på kvarvarande träd för de olika gallringsmodellerna (%)*Table 16. Share of damage on the remaining trees in the forest for the different thinning models (%)*

Skadestorlek	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
<15 cm ²	1	4,2	2,8	1,6
	2	1,4	1,8	7,1
	Medel	2,8	2,3	4,4
≥15 cm ² - <100 cm ²	1	4,2	5,6	6,3
	2	1,4	3,6	1,8
	Medel	2,8	4,6	4,1
≥100 cm ²	1	0	1,4	1,6
	2	1,4	0	0
	Medel	0,7	0,7	0,8
Totalt	1	8,4	9,8	9,5
	2	4,2	5,4	8,9
	Medel	6,3^a	7,6^a	9,2^a
≥15 cm ²	Medel	3,5^a	5,3^a	4,9^a

Inom rader är värden med olika upphöjda bokstäver signifikant skilda åt (p<0,05).

4 Diskussion

4.1 Tolkning av resultat

4.1.1 Skördaren

Resultatet i denna studie indikerar att skördaren producerade något mindre vid gallring med beståndsstråk än med gallring enbart från stickvägar när medelstammen var normerad till 0,059 m³fub i alla parceller, dock var skillnaderna inte signifikanta. Skillnaderna mellan att gallra med ett stråk eller två stråk mellan stickvägarna var mycket små.

Skördaren producerade något bättre än produktivetsnormerna för engreppsskördare i förstagallring när den gallrade enligt stickvägsmodellen medan produktiviteten i de beståndsgående modellerna var likvärdig med normen (Tabell 17). Jämförelsen är gjord med korrektion enligt bortsättningsunderlaget (Tabell 1 – 4) med en trädslagsblandning av 50 % gran och 50 % tall, då contortatall är ett mellanting vad det gäller bland annat kvist.

Tabell 17. Produktivetsjämförelse mellan skördaren Forestline MPM C90 (F-line) och produktivetsnorm (norm) för engreppsskördare i första gallring inklusive korrektion enligt bortsättningsunderlag

Table 17. A comparison between the normal production in first thinning and the production for the harvester Forestline MPM C90 (F-line)

Produktivitet	Block	Stickväg			Gallringsmodell					
		F-line	Nor m	Diff (%)	F-line	Nor m	Diff (%)	F-line	Nor m	Diff (%)
Träd/G ₀ -tim	1	145	149	-2,8	146	145	0,5	142	152	-7
	2	154	140	9,1	138	140	-1,5	133	141	-6
Medel, diff (%)				3,2			-0,5			-6,5
m ³ fub/G ₀ -tim	1	7,9	7,3	7,6	8,3	8,6	-3,6	7,7	7,5	2,6
	2	9,2	8,3	9,8	8,2	8,3	-1,2	9,2	9,7	-5,4
Medel, diff (%)				8,7			-2,4			-1,4

4.1.2 Skotaren

Jämfört med de parceller som stickväggallrats producerade skotaren väldigt mycket bättre i de parceller som gallrats med beståndsstråk och speciellt bra var produktiviteten om modellen med två stråk mellan stickvägarna användes. Skillnaden var så stor som 6,8 m³fub/G₀-tim mer vid gallring med två stråk jämfört med stickväggallring när man räknar enbart lastning, d.v.s. ingen körsträcka är inräknad (Tabell 11). Skillnaden förklaras av att det ackumuleras mycket

mer virke efter stickvägarna då man gallrar med beståndsstråk. I det här fallet samlas virket som normalt ligger på fyra stickvägar upp och ligger istället på tre eller två stickvägar beroende på vilken gallringsmodell man använder.

Skotaren som användes i den här studien var en Timberjack 1110 och den räknas som mellanstor skotare i underlagen för produktivitetensnormerna (Tabell 5) (Brunberg 2004). Jämförelser mellan produktivitetensnormen för en mellanstor skotare i gallring och produktivitetensresultatet för skotaren i den här studien visar att skotarens produktivitet var betydligt högre än normen för alla gallringsmodeller (Tabell 18). Skillnaden var särskilt stor i modellen beståndsgående med två stråk (Tabell 18). En liten korrigerings bör dock göras på grund av att i den här studien så skotades enbart ett sortiment, nämligen massaved. I produktivitetensnormen är gallringen uträknad med fler sortiment i vissa fall, t.ex. kientimmer. Hur stor den genomsnittliga försämringen i produktivitetensnormen är om man räknar med något fler sortiment är svårt att säga och därför genomfördes en känslighetsanalys (Tabell 19) där produktivitetensnormen höjdes med 5 % respektive 10 %. Analysen visar att även i det fall där normen höjts 10 % var produktiviteten för skotaren i den här studien bättre än normen för alla gallringsmodeller och då speciellt där det gallrats beståndsgående med två stråk.

Tabell 18. Produktivitetensjämförelse mellan skotaren Timberjack 1110 (T-jack) och produktivitetensnorm (norm) för mellanstor skotare i gallring inklusive korrektion enligt bortsättningsunderlag
Table 18. A comparison between the normal production in thinning and the production for the forwarder Timberjack 1110 (T-jack)

Produktivitet	Block	Gallringsmodell								
		Stickväg			Bestånd, 1 stråk			Bestånd, 2 stråk		
		T-jack	Nor m	Diff (%)	T-jack	Nor m	Diff (%)	T-jack	Nor m	Diff (%)
m ³ fub/ G ₀ -tim	1	14,7	12,5	15	17,2	14,4	16,3	17,9	13,4	25,1
	2	13,5	10,9	19,3	17,2	13,4	22,1	16,4	10,7	34,8
Medel, diff (%)		17,2			19,2			30		

Tabell 19. Produktivitetjämförelse mellan studiens skotare (Timberjack 1110) och produktivetsnorm ökad med 5 % respektive 10 % för mellanstor skotare i gallring. Skillnaden är angiven i % där (+) är bättre än normen och (-) är sämre

Table 19. The difference between the normal production in thinning and the production for the forwarder Timberjack 1110 with 5 % and 10 % added on the norm. The difference is reported in % and (+) is better than norm and (-) is worse

Produktivitetssökning (%)	Block	Gallringsmodell		
		Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
5	1	9,5	12,2	21,2
	2	15,6	18	31,7
	Medel	12,6	15,1	26,5
10	1	6,1	8,1	17,9
	2	11,1	14,4	28
	Medel	8,6	11,3	23

4.1.3 Kvalitet

Det blev en försämring i gallringskvalitet vad gäller skador på kvarvarande träd när de beståndsgående gallringsmodellerna användes. I modellen med två stråk låg skadefrekvensen så högt som på 9,2 % om alla skador medräknades. Normalt räknas dock inte de skador som är mindre än 15 cm² och om dessa räknades bort sjönk skadefrekvensen till 4,9 %, vilket är under den rekommenderade gränsen på 5 % (Bäcke, 1997). För beståndsgående med ett stråk var motsvarande andel 5,3 % och för stickvägsående var andelen 3,5 %. Att skadefrekvensen på kvarvarande träd var högre i de parceller som gallrats beståndsgående kan möjligtvis bero på att det finns mindre plats att fälla och upparbeta träden när det gallras i stråk, d.v.s. att det är svårare undvika att träffa kvarvarande träd. I kvalitetsuppföljningen gjordes inga mätningar på rotskador och spårdjup då de yttre förhållandena när skadenivån mättes upp var ungefär 0°C och en till två dm snö, d.v.s. vid en sommaravverkning är det risk att skadenivån ökar.

För avstånd mellan stickvägarna var givetvis metoden med två beståndsstråk överlägsen de andra två. Med detta följer att stickvägsarealen naturligtvis var lägst i modellen med två stråk. Stickvägsarealerna blev för den stickvägsående modellen på 28,3 %, för modellen med ett stråk hamnade stickvägsarealen på 22,2 % och med två stråk på 14,3 %. Rekommendationen är dock att stickvägsarealen inte ska överstiga 20 % (Bäcke, 2007), vilket innebär att endast gallringsmodellen med två stråk klarade den gränsen. Detta beror på en kombination av att skördarens kran är relativt kort och att skördarföraren inte nyttjade kranens fulla längd hela tiden. Det ska sägas att i de här beräkningarna inkluderas inte stråken p.g.a. att de inte anses påverka beståndets produktion i någon hög grad. Stråken är slingrande och stör därför inte beståndet alls i lika hög grad som stickvägarna samt att skördaren tillfogar marken endast mycket små skador om det inte är väldigt surt i marken. Vidare gäller att efter utförd gallring låg stamantalet i snitt på 1065 träd/ha i parcellerna, vilket ger ett förband på 3,1 meter och den

genomsnittliga stråkbredden var i den här studien på 3,6 meter. Stråken var alltså bara något bredare än förbandet, vilket också det pekar på att stråken inte i någon hög grad påverkar det kvarvarande beståndet.

Uttaget i andel av grundytan blev klart högst i de parceller där den beståndsgående modellen med två stråk använts, nämligen 39 % - 42 % att jämföra med 33 % som var det högsta värdet med de andra modellerna. Förklaringen kan helt enkelt vara att uttaget blev hårdare i de parcellerna där den modellen användes. En annan möjlig förklaring är att cirkelprovytorna där grundytan mättes hamnade på för parcellerna ej representativa ställen.

I den här studien räknades inte gallringskvoten ut på vanligt sätt. Istället för att ta uttagets medeldiameter delat med beståndets medeldiameter användes uttagets medelstam delat med beståndets medelstam. Resultatet blir nog inte exakt detsamma men förmodligen inte heller så avvikande att det inte går att läsa ut en tendens av det i alla fall. Resultaten visar att det var låggallring som utfördes i alla parceller utom i ett fall där det blev likformig gallring. Gallringarna har förutom att rent matematiskt vara låggallringar också varit kvalitetsgallringar där skördarföraren i den mån det varit möjligt försökt att ta ut träd med sämre kvalitet.

4.1.4 Ekonomi

Med produktivitetresultaten som blivit i denna studie är det intressant att göra en ekonomisk analys av skillnaderna mellan de olika modellerna. De ekonomiska beräkningarna har gjorts enligt den maskinkostnadskalkyl som har bifogats i bilaga 1. I beräkningarna som följer är produktiviteterna normerade vad det gäller medelstam för skördaren och körsträckan skotaren, d.v.s. att produktiviteterna baseras på samma medelstam (0,059 m³fub) och avstånd till avlägg (440 m). Det som gör skillnaderna är följaktligen variablerna i kalkylen (Bilaga 1). Maskinkostnadskalkylen avser här den kostnad maskinentreprenören har per producerad m³fub för skördaren och skotaren, d.v.s. ingen vinst är inräknad.

Analysen pekar på att det i stort sett inte är någon prisskillnad per producerad m³fub mellan gallringsmodellerna när de båda maskinernas kostnad inkluderas (Tabell 20). Kostnaden per m³fub för skördaren ökar i de beståndsgående gallringsmodellerna och är högst i modellen med två stråk. För skotaren är förhållandet det omvända p.g.a. att lastningstiden kortas avsevärt där de beståndsgående gallringsmodellerna används. I den här studien är faktiskt modellen med två stråk billigast när hänsyn till kostnaden för både skördaren och skotaren tas. Bränsleförbrukningen är dock troligen något högre i modellen med två stråk p.g.a. den ökade krananvändningen för lyft av virke. Därför genomfördes också en känslighetsanalys (Tabell 21) för kostnaden för beståndsgående med två stråk där bränsleförbrukningen höjts med 3 %, 5 % och så mycket som 10 %. Enligt ägaren var bränsleförbrukningen i snitt 11,5 l/tim för skördaren och 12,5 l/tim för skotaren. Vid analysen sattes dieselpriset till 11 kr/l.

Tabell 20. Normerad kostnad för skördare och skotare exklusive flyttkostnad och utan hänsyn till ev. skillnader i bränsleförbrukning för de olika gallringsmodellerna (kr/m³fub)

Table 20. The cost for both machines based on the adjusted normal production excluding the transport costs and the contingent differences in fuel consumptions for the different thinning models (kr/m³fub)

Maskin	Gallringsmodell		
	Stickväg	Bestånd, 1 stråk	Bestånd, 2 stråk
Skördare	78,1	81,9	82,9
Skotare	42,7	38,4	35,7
Totalt	120,8	120,3	118,6

Tabell 21. Normerad kostnad för skördare och skotare vid gallring med bestånd, 2 stråk exklusive flyttkostnad men med en höjning av bränsleförbrukningen med 3 %, 5 % och 10 % för skördaren (kr/m³fub)

Table 21. The cost for both machines based on the adjusted normal production in stand-operated thinning with two intermediate passages between the strip-roads excluding the transport costs for the machines, with an increase in fuel consumption with 3 %, 5 % and 10 % for the harvester (kr/m³fub)

Maskin	Höjning av skördarens bränsleförbrukning (%)			
	0	3	5	10
Skördare	82,9	83,4	83,7	84,5
Skotare	35,7	35,7	35,7	35,7
Totalt	118,6	119,1	119,4	120,2

Maskinsystemet som denna studie gjordes på kostar beroende på vilken gallringsmodell som användes mellan 118,6 kr/m³fub till 120,8 kr/m³fub (Tabell 20). I Westers (2001) och Ljungdahls (2004) studier har motsvarande maskinsystem en högre kostnad. Drivaren som Wester (2001) studerade kostade 155 kr/m³fub i det billigaste alternativet och det konventionella system han jämförde det mot kostade 132 kr/m³fub.

I Ljungdahl (2004) kostade den mest produktiva gallringsmodellen för drivaren 139 kr/m³fub. Också han gjorde en jämförelse med ett konventionellt maskinsystem som i det fallet kostade 141 kr/m³fub. Drivaren var sålunda i det fallet något billigare, vilket förklarades med att medelstammen var så låg (0,057 m³fub) och att det är i de fallen som drivaren kan vara ett intressant alternativ.

4.2 Egen kritik

Tidsstudien gjordes på parcellnivå då detta ansågs räcka för att räkna ut maskinernas produktivitet. Tanken var ju att mäta den totala produktiviteten på maskinerna vid olika gallringsmodeller och jämföra dessa resultat och inte t.ex. skördaraggregatets produktivitet.

Målet med detta arbete var att jämföra olika gallringsmodeller (stickväg, ett stråk och två stråk) med avseende på kvalitet och produktivitet. Dessa variabler är intressanta när man ska välja gallringsmodell, i alla fall som privat markägare då privata markägare ofta värderar kvaliteten på utförd gallring högre än bolag då man sätter kvalitet mot kostnad. Detta beror givetvis på att bolagen har enorma arealer att gallra och där varje intjänad krona ger stora summor i slutändan. En sak som är värd att poängtera för den studerade skördaren är att kranen är lite för kort (nio meter) för att kunna göra en helt rättvis jämförelse mellan andra stickvägsgående gallringsmodeller, då stickvägsavstånden i en normal gallring vid gallring från stickväg bör vara ca 20 m – 24 m. Det ska dock tilläggas att avståndet mellan stickvägarna rimligtvis borde ha kunnat vara ca 16 m i alternativet med stickvägsgående gallring då kranen var ca nio meter. I den här studien låg däremot medelvärdet på 12,8 m mellan stickvägarna. Detta gjorde att stickvägsarealen uppgick till 28 % i det här försöket om man enbart gallrade från stickvägar, vilket är ett värde som är högre än i normal förstagallring. En möjlig orsak till att avståndet mellan stickvägarna blev kortare än vad som hade varit möjligt är parcellernas storlek, det kan ha påverkat skördarföraren att parcellerna bara var 60 m breda och att han för att vara säker på att kunna gallra parcellen på ett bra sätt ”anpassade” avstånden mellan stickvägarna. Detta medförde att skotningsproduktiviteten för den stickvägsgående modellen troligen blev något lägre än vad fallet hade varit om avstånden mellan stickvägarna varit längre då mer virke samlats upp på stickvägarna. Vidare blev troligen skördarproduktiviteten något högre eftersom kranarmen inte ”sträcktes” optimalt då den gallrade från stickvägarna.

Skördaren som använts i försöket var en liten gallringsskördare och den kommer mer till sin rätt vid beståndsgående gallring. Vid stickvägsgående gallringar används normalt större maskiner med längre kranar. Oavsett om skördaren kanske inte är lämpad för alla gallringsmodeller är ändå jämförelsen dem emellan lika intressant, eftersom de skillnader som uppstår kan i de flesta fall tillskrivas gallringsmodellerna och inte skördaren. Skördarstorleken i kombination med trädstorleken avgör mer kostnadseffektiviteten och det var inte målet med denna studie.

Den statistiska analysen av skotarproduktiviteten visade att avståndet till avlägg inte hade någon signifikant påverkan på produktivitetsskillnaderna ($p=0,212$). Den största skillnaden låg i vilken gallringsmodell som använts men om den här studien skulle göras om med ett större material så skulle sannolikt avståndet till avlägg också signifikant påverka skotarproduktiviteten. Vid den statistiska analysen av skotarproduktiviteten vid enbart lastning visades att gallringsmodellerna inte riktigt hade någon signifikant påverkan på produktiviteten ($p=0,076$). I likhet med tidigare påpekande skulle en studie gjort på ett större material mycket sannolikt visa att gallringsmodellerna har signifikant påverkan på skotarens lastningsproduktivitet.

Den ekonomiska analys som gjorts speglar nuvarande förhållanden och ska därför inte ses som en statisk sanning. Analysen har jämförts med två andra maskinkostnadskalkyler, där skillnader dem emellan bl.a. kan bero på att beräkningarna eventuellt inte gjorts på exakt samma sätt. Därför ska de skillnaderna i resultaten behandlas med varsamhet.

5 Slutsatser

Skördarens produktivitet visade att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan gallringsmodellerna. Dock indikerade resultaten att produktiviteten möjligen låg lite högre i den stickvägsgående modellen i jämförelse med de andra två. Studien gjordes på ett begränsat material, en större studie skulle möjligen kunna visa att det fanns signifikanta skillnader mellan framförallt den stickvägsgående modellen i jämförelse med de två beståndsgående modellerna. Skördarens produktivitet var ungefär enligt normen i alla gallringsmodellerna.

Skotarens produktivitet var högst i de parceller som gallrats enligt modellen beståndsgående med två stråk. Lägst produktivitet hade maskinen i de parceller som enbart gallrats från stickväg. Detta berodde på att det var betydligt högre virkeskoncentration efter stickvägarna när det var gallrat med två beståndsstråk. Skotarens produktivitet var högre än normen i alla gallringsmodellerna. Skotarens höga produktivitet i jämförelse med normen förklaras troligtvis delvis av att enbart ett sortiment kördes ut i den här studien.

Kvaliteten på utförd gallring varierade beroende på vilka variabler man tittar på. När det gäller skador på kvarvarande träd så var den stickvägsgående modellen bäst. Resultatet var det omvända när det gäller avstånd mellan stickvägar och stickvägsareal. Gallringskvoten skilde sig inte nämnvärt mellan de olika modellerna.

Drivningskostnaden var lägst i den beståndsgående gallringsmodellen med två stråk. Dyrast var den stickvägsgående modellen. Detta berodde på att skotarens produktivitet var så pass mycket högre i de beståndsgående gallringsmodellerna att den hämtade upp hela skördarens lägre produktivitet och mer därtill. Beståndsgående gallring verkar därför vara ett ekonomiskt konkurrenskraftigt metodval som ger något högre skadeandel på kvarvarande träd men mindre stickvägsareal.

Referenser

Skriftliga

- Berg, S. 1982. Terrängtypschema för skogsarbeten. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Kista, 28 pp. ISBN 91-7614-035-0.
- Brandel, G. 1990. Volymfunktioner för enskilda träd – Tall, gran och björk. Institutionen för skogsproduktion, SLU, Garpenberg. Rapport Nr 26, 1990.
- Brunberg, T. 1996. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i första gallring. Skogforsk, Uppsala. 1996.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk, Uppsala. Redogörelse Nr 3, 2004.
- Bäcke, J. 1997. Gallringsundersökning 1997. Skogsstyrelsen, Jönköping meddelande 8, 1998.
- Fröding, A. 1992. Gallringsskador – En studie av 403 bestånd i Sverige 1988. Institutionen för skogsteknik, SLU, Garpenberg. Rapport Nr 193.
- Håkansson, M. 2000. Skogsencyklopedin. Sveriges Skogsvårdsförbunds service AB Stockholm. 2000.
- Lindmark, M. 2002. Skillnader i metod, kvalitet och ekonomi mellan stickvägs- och beståndsstråkgallring. Institutionen för skogsskötsel, SLU, Umeå. Examensarbete. 2002-2.
- Ljungdahl, S-G. 2004. Drivare i gallring – En jämförande studie av tre arbetsmetoder. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. Skogsteknologi studentuppsatser Nr 75.
- Persson, J. 1993. Rottne 2000 beståndsgående engreppsskördare. Skogforsk, Kista. Resultat Nr 7, 1993.
- Thor, M. & Frohm, S. 1997. Tvingande och selektivt uttag i gallring: Vad betyder maskinstorlek och stickvägsavstånd? Skogforsk, Uppsala. Resultat Nr 5, 1997.
- Thelin, A. 1990. Beståndsgående gallringsskördare – alternativ och komplement i gallring. Forskningsstiftelsen skogsarbeten, Kista. Redogörelse Nr 1, 1990.
- Wester, F. 2001. Kostnad och prestation för en ny typ av drivare. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. Skogsteknologi studentuppsatser Nr 47.

Internet

MOWI. (2008) Aggregatkrantar 2008; <http://www.mowi.se/CM.php?PageID=12734>.
2008-02-21

Bilaga 1 Modell och förutsättningar för drivningskostnadskalkyl

D_k = Drivningskostnad för aktuell maskin (kr/m³fub)

T_k = Total kostnad (kr/tim)

F_k = Fast kostnad (kr/tim)

R_k = Rörlig kostnad (kr/tim)

K = Kapitalkostnad (kr/år)

R_n = Restvärdes nuvärde (kr)

A = Amorteringsfaktor (Annuitetsfaktor)

R = Restvärde (15 % av investeringsvärdet) (kr)

$Flytt_k$ = Flytt kostnad (kr/m³fub)

	<u>Forestline MPM C90</u>	<u>Timberjack 1110</u>
I = Investeringsbelopp (kr)	2600000	2000000
P = Produktion (m ³ fub/tim), (beror på gallr.modell)	8	16
S = Systemtid (tim/år)	2500	1800
D_m = Drivmedelskostnad (kr/tim)	126,5	137,5
F_1 = Förarlön inkl. sociala avgifter (kr/tim)	250	250
i = Kalkylränta (%/100)	6	6
n = Ekonomisk livslängd (år)	7	7
U_f = Fast underhållskostnad (kr/år)	85000	70000
U_r = Rörlig underhållskostnad (kr/tim)	50	20
Q = Totala flyttkostnader för objektet (kr)	2500	2500
M = Objektets storlek (avverkad volym) (m ³ fub)	2000	2000

1) $D_k = T_k/P$

2) $T_k = F_k + R_k$

3) $F_k = (K+U_f)/S$

4) $R_k = U_r + D_m + F_1$

5) $K = (I-R_n)*A$

6) $R_n = R*(1+i)^{-n}$

7) $A = (i*(1+i)^n)/((1+i)^n-1)$

Tillägg vid kalkylering med flyttkostnad (räknas ut som kr/m³fub för det aktuella objektet)

8) $Flytt_k = Q/M$

9) $D_{ktot} = \sum D_k$ (för alla inblandade maskiner) + $Flytt_k$

Bilaga 2 Sammanställning av variansanalyserna

Signifikansnivå (p-värde) för variansanalyserna med och utan kovariat samt förklarad andel av variationen (R^2 och justerat R^2). Error-termens frihetsgrader var 1 och 0 för modeller med inget respektive ett kovariat.

Variabel	Gallringsmodell	Block	Kovariat	R^2 (%)	Justerat R^2 (%)
Skördarproduktivitet	0,891	0,216	-	63,3	8,1
Skördarproduktivitet	0,814	0,814	0,546	79,0	0,0
Skotarproduktivitet	0,048	0,188	-	95,6	89,1
Skotarproduktivitet	0,094	0,617	0,212	99,5	97,7
Skotarproduktivitet utan körning	0,076	0,144	-	93,7	84,2
Maskinsystemets produktivitet	0,684	0,161	-	73,9	34,8
Körtid per parcell (%)	0,515	0,431	-	58,6	0,0
Uttagsandel (% av grundyta)	0,020	0,199	-	98,1	95,3
Gallringskvot	0,404	0,273	-	72,2	30,4
Stickvägsbredd	0,382	0,635	-	63,9	9,7
Stråkbredd ¹	0,874	0,500	-	51,0	0,0
Skador på kvarv. träd (alla)	0,351	0,131	-	83,1	57,8
Skador på kvarv. träd (≥ 15 cm ²)	0,613	0,116	-	80,7	51,8

¹ Enbart två gallringsmodeller är jämförda. Error-termens frihetsgrader var 1.