



Kostnadspåverkande faktorer för skördare

– En analys av uppföljningsdata hos Stora Enso Skog

Factors influencing costs for harvesters

– *An analysis of follow-up data at Stora Enso Skog*

Björn Vestling

Arbetsrapport 384 2012
Examensarbete 30hp
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Emanuel Erlandsson



Kostnadspåverkande faktorer för skördare

– En analys av uppföljningsdata hos Stora Enso Skog

Factors influencing costs for harvesters

– *An analysis of follow-up data at Stora Enso Skog*

Björn Vestling

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp

Jägmästarprogrammet

EX0628

Handledare: Emanuel Erlandsson, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning

Extern handledare: Vegard Haanaes, Stora Enso Skog

Förord

Detta examensarbete har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Studien omfattar 30 hp inom inriktningen skogshushållning.

Uppdragsgivare var Stora Enso Skog AB.

Jag vill tacka mina vänner och min familj, ingen nämnd, ingen glömd.

Stort tack till min extremt hjälpfulla handledare Emanuel Erlandsson.

Tack till min externa handledare Vegard Haanaes på Stora Enso Skog och stort tack till Jon Rudman, Stora Enso Skog, för tillhandahållande av data. Tack till Imano AB som anställde mig på halvtid så jag hade möjlighet att slutföra examensarbetet och arbeta samtidigt. Tack till Sören Holm för statistisk konsultation.

Göteborg, maj 2012.

Björn Vestling

Sammanfattning

Man vet idag mycket om vilka faktorer som påverkar produktivitet vid drivning. Däremot finns det betydligt färre studier som är utförda för att identifiera vilka faktorer som påverkar kostnaderna vid drivning, framförallt driftskostnad.

Syftet med denna studie var att identifiera och analysera faktorer som påverkar driftskostnad för skördare.

Studien utfördes genom analys av uppföljningsdata från Stora Enso Skog och bestod av tre steg. Steg ett innefattade insamling av uppföljningsdata och intervju för definiering av begrepp. I steg två sammanställdes och bearbetades en databas utifrån olika uppföljningsdata. I steg tre identifierades och analyserades faktorer som påverkade driftskostnader.

Ett av sambanden som identifierades var att en högre skördarålder ledde till högre driftskostnad.

Byte av skördaraggregat ledde till lägre driftskostnad och högre teknisk utnyttjandegrad.

Produktivitet hade som enskild faktor störst påverkan på driftskostnad per m^3fub , i form av att en högre produktivitet gav lägre driftskostnad per m^3fub .

Nyckelord: skördare, maskinålder, driftskostnad, reparationskostnad, underhållskostnad, produktivitet

Summary

Factors influencing productivity and performance are well studied. However, less is known about which factors are influencing costs in logging and especially so for operating cost.

The purpose of this study was to identify and analyze factors influencing operating cost for harvesters.

Follow-up data from Stora Enso Skog were used for this analysis. The study was conducted in three steps. Step one was consisting of gathering follow-up data and an interview to define terms. In step two different follow-up datasets were processed and a database was compiled. Factors influencing operating costs were identified and analysed in step three.

One of the relationships that were identified was that higher harvester age lead to higher operating cost.

The replacement of harvester head led to lower operating cost and higher mechanical availability.

Productivity had, as a single factor, the largest influence on operating cost per m^3 ; higher productivity lead to lower operating cost per m^3 .

Keywords: harvester, harvester age, operating cost, maintenance cost, repair cost, productivity

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning.....	3
Summary	4
Inledning.....	6
<i>Bakgrund.....</i>	<i>6</i>
<i>Syfte</i>	<i>7</i>
Material och metod	8
Resultat	12
<i>Allmänt om driftskostnader.....</i>	<i>12</i>
<i>Samband mellan driftskostnad och produktivitet</i>	<i>12</i>
<i>Samband mellan driftskostnad och skördarålder</i>	<i>14</i>
Diskussion.....	18
<i>Egen kritik.....</i>	<i>18</i>
<i>Tolkning av resultat.....</i>	<i>18</i>
<i>Jämförelse med andra studier</i>	<i>19</i>
<i>Tillämpning av resultat</i>	<i>20</i>
<i>Slutsatser</i>	<i>20</i>
Referenser	21
<i>Tryckta referenser.....</i>	<i>21</i>
<i>Elektroniska referenser</i>	<i>22</i>
<i>Personlig kommunikation</i>	<i>22</i>

Inledning

Bakgrund

Utvecklingen av driftskostnader

Enligt IUFRO (1995) är driftskostnader de kostnader som uppstår vid drift av en maskin, exempelvis bränsle-, reparations- och smörjmedelskostnad.

1981 utgjorde övriga kostnader (diesel, hydraul-och smörjoljor) 22 % av den totala driftskostnaden för en skördare. Reparations-och underhållskostnad utgjorde 78 % av driftskostnaden. 1981 utgjorde bränslekostnaden 7 % av timkostnaden (Sundberg 1982). Sedan dess har driftskostnadens andel av den totala kostnaden ökat, framförallt beroende av ökat dieselpriis (Penttinen et al. 2009).

Dieselskostnadens utveckling och påverkan

Avseende driftskostnad har det framförallt gjorts studier på kostnaden och förbrukningen av diesel.

Den årliga totala dieselförbrukningen i svenskt skogsbruk skattas till 170 000 m³ per år (Jönsson & Löfroth 2007). Enligt statistik från Stora Enso Skog ökade dieselpriiset mellan 1990 till 2005 med 200 % (från 3 kr/l till drygt 9 kr/l) (Löfroth & Brunberg 2006). Sedan 2003 till december 2011 har dieselpriiset stigit med nästan 100 % (Statoil 2011). Samtidigt så har den totala dieselförbrukningen inom skogsbruket minskat med drygt 30 % från 1985 till 2005 (Löfroth & Rådström 2006). Av en skogsmaskins timkostnad bestod drygt 15 % av bränslekostnad år 2006 (Brunberg 2006).

Produktivitet för skördare mäts i avverkad m³fub per G₁₅-timme. M³fub definieras som fast volym under bark. G₁₅-timme definieras som grundtid (d.v.s. produktiv arbetstid) som innehåller uppehåll kortare än 15 minuter (Håkansson 2000). En större medelstamsvolym innebär att antalet träd per G₁₅-timme vid avverkning minskar medan produktiviteten ökar eftersom man får ut mer volym per tidsenhet (Kellogg & Bettinger 1994, Brunberg 1997; Brunberg 2007b). I gallring med en medelstamsvolym på 0,11 m³fub är bränsleförbrukningen per m³fub nästan dubbelt så hög för skördare jämfört med slutavverkning med en medelstamsvolym på 0,33 m³fub. Medelstamsvolymen påverkar inte bränsleförbrukningen för skotare i samma utsträckning men sett till total bränsleförbrukning vid drivning har medelstamsvolymen stor påverkan. Ju fler stammar som sparas i gallring desto högre blir hanteringstiden per träd vilket innebär minskad produktivitet (Brunberg 1997; Brunberg 2007a).

Arbete med kranen för skördare och framförallt skotare utgör en stor del av bränsleförbrukning vid drivning. Det innebär att bränsleförbrukningen per m³fub ökar i förhållande med ökat antal hanterade stammar per timme (Brunberg 2005; Bergkvist 2008).

Tre faktorer som påverkar en skogsmaskins framkomlighet är markens grundförhållanden, ytstruktur och lutning. Enligt terrängtypsschemat förkortas dessa GYL och graderas i en skala 1-5 där 1 är lättast möjliga och 5 är svårast på skalan (Berg 1983). Behovet av drivkraft ökar med ett ökande motlut vilket innebär en ökad bränsleförbrukning (Myhrman 1993).

Produktivitet

Den enskilda faktor som påverkar produktiviteten för skördare mest vid avverkning på beståndsnivå är medelstamsvolymen (Nordfjell et al. 2010). En större medelstamsvolym ökar produktiviteten och sänker driftskostnaderna (kr/ m³fub) för skördare i både slutavverkning och gallring (Heinimann 2001; Sirén & Aaltio 2003; Brunberg 2007c). Heinimann (2001) visade i en studie att medelstamsvolymen förklarade drygt 60 % av variationen i produktivitet i både slutavverkning och gallring.

Ytstruktur och lutning är de faktorer som anses påverka tidsåtgången vid körning i skogsmark. Ju högre klassning av svårighet på dessa två faktorer desto längre tid tar det att köra en given sträcka. Produktiviteten påverkas negativt av försvårande terrängfaktorer (Nurminen et al. 2006).

Underväxt av gran i ett bestånd är försvårande vid gallring, eftersom den kan skymma sikten för maskinföraren och försvårar ansättningen mot stammen. Beroende på stamtätheten av underväxande träd får man en ökning i tidsåtgång mellan 7 - 20 % för gallring. I de fall kostnaden för den ökade tidsåtgången för gallringsskördaren är högre än röjningskostnaden kan man motivera en underväxtröjning (Gunnarsson & Hellström 1992).

Tekniskt utnyttjande

Den tekniska utnyttjandegraden definieras som grundtid/utnyttjad tid. Grundtid består av grundtid arbete och grundtid övrigt. Grundtid arbete är den del av grundtiden som är lagd på att förändra ett avverkningsobjekts form eller tillstånd, exempelvis fällning och kvistning. Grundtid övrigt är den del av grundtiden som inte är lagd på att förändra ett avverkningsobjekts form eller tillstånd men som är en del av arbetscykeln, exempelvis positionering av maskinen i avverkningsobjektet. Utnyttjad tid består av grundtid arbete, grundtid övrigt och avbrottstid. Avbrottstid i sin tur består av egna underhållstimmar, underhållsväntetid och övriga avbrott (Axelsson 1975, IUFRO 1995). Från 1985 till 2008 ökade den tekniska utnyttjandegraden från 70 % till 85 % för engreppsskördare (Nordfjell et al. 2010).

Maskinålder

En italiensk studie visar att en ökad maskinålder ger ökade reparations- och underhållskostnader (Spinelli et al. 2011).

Kunskapsläget

Sett till de studier som hittats i ämnet så vet man idag mycket om vilka faktorer som påverkar produktivitet. Däremot finns det betydligt färre studier som är utförda för att identifiera vilka faktorer som påverkar kostnaderna vid drivning, framförallt då driftskostnader.

Syfte

Syftet med denna studie var att utifrån Stora Enso Skogs befintliga uppföljningsdata identifiera och analysera faktorer som påverkar driftskostnader för skördare.

Material och metod

Materialet som har analyserats är driftuppföljningsdata på traktnivå samt bortsättningsunderlag och kostnader per maskin och år för verksamhetsåret 2008. Dessa dataset är insamlade från Stora Enso Skogs egna maskinlag och innefattar skördare och skotare för gallring och slutavverkning. Fokus har framförallt varit på driftskostnader.

Metoddelen har delats in i tre steg:

- 1) Insamling av uppföljningsdata och intervju för att definiera begrepp.
- 2) Bearbetning och sammanställning av databas utifrån uppföljningsdata.
- 3) Identifiering och analys av faktorer som påverkar driftskostnader.

Datainsamling och intervju

Databaserna som har använts för analysen har tillhandahållits av Stora Enso Skog via mailkorrespondens. I det första steget utfördes en intervju för att få förklaringar av de ingående variablerna i databaserna. Intervjun utfördes i oktober 2011 med Vegard Haanaes och Jon Rudman på Stora Enso Skog i Falun. Resultatet från intervjun har sedan kompletterats via löpande mailkorrespondens med dessa.

Bearbetning

En ny databas upprättades genom sammanställning av traktvisa driftuppföljningsdata och data över kostnader för skördare. Databasens grund är en sammanställning från Stora Enso Skog av kostnader, avverkade volymer och förbrukade G₁₅-timmar där upplösningen var på årsbasis för år 2008 ("dataset 1"). För att databasen skulle få fler variabler summerades traktvisa driftuppföljningsdata för skördarna ("dataset 2") för hela år 2008. På det viset erhöles en sammanställd databas där upplösningen av ingående variabler var på årsbasis. De variabler som adderades från "dataset 2" till den nya databasen var antalet avverkade stammar per hektar i både gallring och slutavverkning, antalet körda trakter och medelareal för de trakter som har körts under året. Vid jämförelse mellan avverkade volymer i "dataset 1" och "dataset 2" upptäcktes dock en differens för en del av skördarna. För att variablerna från "dataset 2" skulle få korrekt storlek i förhållande till de i "dataset 1" utfördes en omräkning enligt instruktion av Holm (2011, pers. komm). Omräkningen utfördes på följande sätt:

$$\text{Summerad avverkad volym dataset 2} \div \text{summerad avverkad areal dataset 2} = \text{avverkad volym/hektar dataset 2 (1)}$$

$$\text{Summerad avverkad volym dataset 1} - \text{summerad avverkad volym dataset 2} = \text{differens (2)}$$

$$(2) \div (1) = \text{antalet hektar som behövs för att förklara differensen i summerad avverkad volym mellan de två dataseten (3)}$$

$$\text{Summerad avverkad areal dataset 2} \div \text{antalet körda trakter dataset 2} = \text{medelareal på avverkningstrakt dataset 2 (4)}$$

$(3) \div (4) = \text{antalet medeltrakter som behövs för att förklara differensen i summerad volym mellan de två dataseten (5)}$

$(5) + \text{antalet körda trakter dataset 2} = \text{antalet körda trakter dataset 1}$

$\text{Antalet avverkade stammar dataset 2} \div \text{summerad avverkad areal dataset 2} = \text{uttagna stammar per hektar}$

Enligt Eriksson & Lindroos (opubl.) kan databaser som baseras på denna typ av uppföljningsdata innehålla fel eller orimliga värden (exempelvis för medelstamsvolym). Därför har de få orimliga värden som påträffats exkluderats genom att en övre gräns satts på "Medelstamsvolym" till $2 \text{ m}^3/\text{ub}$ och en nedre gräns på "Övriga kostnader" till 150000 kr/år då observationer som var under 150000 kr/år var orimligt låga i förhållande till övriga observationer. Skördare som hade åldern noll, d.v.s. levererats under 2008 exkluderades ur databasen, eftersom årsutfallet för kostnader inte var jämförbart med skördare som gått helår. Stora Enso Skog fasade ut sina skördare när de i snitt nått 5,5 år (Rudman 2012, pers. komm.), därför exkluderades även skördare med åldern sex år ur databasen. De skördare som hade varit i drift mindre än 1300 G₁₅-timmar under året exkluderades även då de troligtvis hade fasats ut eller fasats in under 2008. Två observationer på "Övriga kostnader" exkluderades p.g.a. att de inte nådde upp till den nedre gränsen.

Den färdigbearbetade databasen innehöll data för totalt 31 stycken skördare för år 2008 där upplösningen var per maskin och år (Tabell 1). Utifrån denna skapades tre stycken dataset som analyserades; ett för skördare totalt (både slutavverkning och gallring, 31 skördare), ett för skördare som kört mer än 80 % av årstimmarna i gallring (15 skördare) och ett för skördare som kört mer än 80 % av årstimmarna i slutavverkning (16 skördare).

Tabell 1. Ingående variabler i studien
Table 1. Variables included in the study

Variabel	Använda förkortningar	Enhet
Avverkad årsvolym i slutavverkning	Volym SA	m ³ fub
Produktivitet i slutavverkning	Produktivitet SA	m ³ fub/G ₁₅
Årligt antal avverkade träd i slutavverkning	Träd SA	N
Genomsnittlig medelstamsvolym i slutavverkning	Medelstamsvolym SA	m ³ fub
Årligt antal avverkade slutavverkningstrakter	Antal trakter SA	N
Aritmetisk medelareal för avverkade slutavverkningstrakter	Areal SA	hektar
Aritmetiskt medelantal avverkade stammar per hektar i slutavverkning	Uttag/ha SA	N/hektar
Avverkad årsvolym i gallring	Volym GA	m ³ fub
Produktivitet i gallring	Produktivitet GA	m ³ fub/G ₁₅
Årligt antal avverkade träd i gallring	Träd GA	N
Genomsnittlig medelstamsvolym i gallring	Medelstamsvolym GA	m ³ fub
Årligt antal avverkade gallringstrakter	Antal trakter GA	N
Aritmetisk medelareal för avverkade gallringstrakter	Areal GA	hektar
Aritmetiskt medelantal avverkade stammar per hektar i gallring	Uttag/ha GA	N/hektar
Årskostnad för personal i drift och underhåll	Personalkostnad	kr
Årlig räntekostnad + avskrivning för skördare	Ränta och avskrivning	kr
Årlig kostnad för reservdelar och tid på verkstad	Reparation och underhåll	kr
Årlig kostnad för diesel, band, däck, hydraulolja etc.	Övriga kostnader	kr
Årliga reparations- & underhållkostnader + övriga kostnader	Driftskostnad	kr
Årlig grundtid arbete: produktiv tid inklusive avbrott kortare än 15 minuter	G ₁₅	h
Årlig grundtid övrigt: tid där annat arbete utförs än vad maskinen är avsedd för, t.ex. flyttar	Övrig G ₁₅	h
Arbetsstimmar lagda på reparation och underhåll	Egen underhållstid	h
Övrig avbrottsstid, exempelvis fastkörning	Öavbrott	h
$(G_{15} + \text{Övrig}G_{15}) / (G_{15} + \text{Övrig}G_{15} + \text{Egna underhållstimmar} + \text{Öavbrott})$	Teknisk utnyttjandegrad	%
G ₁₅ i gallring	G ₁₅ GA	h
G ₁₅ i slutavverkning	G ₁₅ SA	h
G ₁₅ SA + G ₁₅ GA	Tot G ₁₅	h
G ₁₅ SA / Tot G ₁₅	Andel SA	%
G ₁₅ GA / Tot G ₁₅	Andel GA	%
Skördarålder	Ålder	år
Volym SA + Volym GA	Tot. Prod. Volym	m ³ fub
Tot. Prod. Volym / TotG ₁₅	Produktivitet	m ³ fub/G ₁₅
Tot. Prod. Volym / (Träd SA + Träd GA)	Medelstamsvolym	m ³ fub
Driftskostnad / Tot. Prod. Volym	Driftskostnad/m ³ fub	kr/m ³ fub
Årligt antal avverkade stammar per hektar	Uttag/ha	N/hektar
Antal trakter SA + Antal trakter GA	Antalet avverkade trakter	N

Kostnad för flytt av maskiner var ej uppdelad per maskin utan per lag vilket gjorde att denna kostnadspost inte inkluderades i studien.

Analys

Första steget i analysen var att identifiera samband mellan olika faktorer i de tre olika dataseten. För att identifiera dessa samband användes korrelationsanalys.

Vid korrelationsanalys prövas variablerna (faktorerna) var för sig mot varandra för att identifiera korrelationskoefficienten och p-värdet för samband mellan två variabler.

Variablerna valdes ut genom att gränser sattes; en korrelationskoefficient över 0,300 eller korrelationskoefficient lägre än -0,300 och med p-värde $\leq 0,05$.

För linjära samband utfördes regressionsanalyser. För icke-linjära samband utfördes ej regressionsanalys, utan variationen i data för dessa variabler analyserades istället i box-plots.

Programvaran som användes för att utföra analyserna var MiniTab 16.

Resultat

Alla variabler som redovisas under resultat är på årsbasis.

Allmänt om driftskostnader

Kostnadsslaget "Driftskostnad" utgjorde 38 % av de totala kostnaderna.

"Personalkostnad" stod för 36 % av de totala kostnaderna och kostnadsslaget "Ränta och avskrivning" utgjorde de resterande 26 % av de totala kostnaderna (Tabell 2).

Tabell 2. De olika kostnadsslagen för skördare.

Table 2. The different types of costs for harvesters

Kostnadsslag	N	Max	Min	Medel	% av total
Driftskostnad	31	1 414 488	619 656	903 161	38
Personalkostnad	31	1 099 793	605 679	850 229	36
Ränta och avskrivning	31	748 556	410 686	610 046	26
Total kostnad	31	3 262 837	1 636 021	2 363 436	100

"Övriga kostnader" utgjorde 51 % av driftskostnaden. Kostnadsslaget "Reparation och underhåll" stod för 49 % av driftskostnaderna. För båda kostnadsslagen kunde man urskilja stora variationer mellan min- och maxvärdena (Tabell 3).

Tabell 3. Driftskostnader för skördare

Table 3. Operatings cost for harvesters

Kostnadsslag	N	Max	Min	Medel	% av driftskostnad
Övriga kostnader	31	645 675	259 449	458 967	51
Reparation och underhåll	31	919 360	220 685	444 194	49

Samband mellan driftskostnad och produktivitet

Driftskostnad per år hade en positiv korrelation med produktivitet, likaså med totalt avverkad volym och andel slutavverkning (Tabell 4).

Tabell 4. Variabler som korrelerade med driftskostnad per år

Table 4. Variables that correlated with operating cost per year

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff.	p-värde
Produktivitet	m ³ fub/G ₁₅	31	0,715	<0,001
Tot. Prod. Volym	m ³ fub	31	0,702	<0,001
Andel SA	%	31	0,560	0,001

Driftskostnad per m³fub hade en stark negativ korrelation med andel slutavverkning, totalt avverkad volym, produktivitet och medelstamsvolym (Tabell 5).

Tabell 5. Variabler som korrelerade med driftskostnad per m³fub**Table 5.** Variables that correlated with operating cost per m³fub

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff.	p-värde
Andel SA	%	31	-0,900	<0,001
Tot. Prod. Volym	m ³ fub	31	-0,877	<0,001
Produktivitet	m ³ fub/G ₁₅	31	-0,839	<0,001
Medelstamsvolym	m ³ fub	31	-0,820	<0,001

Produktiviteten kunde till 70,4% (R²) förklara variationen i driftskostnad per m³fub. Medelstamsvolymen kunde till 67,3% (R²) förklara variationen i driftskostnad per m³fub (Tabell 6).

Tabell 6. Driftskostnad/m³fub som en funktion av produktivitet respektive som funktion av medelstamsvolym (SD = standardavvikelse)**Table 6.** Operating cost per m³ as a function of productivity respective as a function of mean stem volume (SD = standard deviation)

Regressionsfunktioner	N	SD	p-värde	R ² (%)
Driftskostnad/m ³ fub = 37,7 - 0,825 Produktivitet	31	5,02	<0,001	70,4
Driftskostnad/m ³ fub = 35,9 - 60,3 Medelstamsvolym	31	5,28	<0,001	67,3

Vid en analys av vilka variabler som i sin tur korrelerar med produktiviteten identifierades ytterligare ett antal variabler, där det skiljde sig åt mellan slutavverkning och gallring.

Produktiviteten i slutavverkning var positivt korrelerad med medelstamsvolym, total avverkad volym och antalet avverkade trakter. Produktiviteten i slutavverkning hade en negativ korrelation med antalet uttagna stammar per hektar (Tabell 7).

Tabell 7. Variabler som korrelerade med produktivitet (m³fub/G₁₅) i slutavverkning**Table 7.** Variables that correlated with productivity (m³fub/G₁₅) in final felling

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff.	P-värde
Medelstamsvolym SA	m ³ fub	16	0,815	<0,001
Volym SA	m ³ fub	16	0,777	0,005
Antal trakter SA	N	16	0,604	0,013
Uttag/ha SA	N/hektar	16	-0,677	0,004

Produktiviteten i gallring hade positiv korrelation med medelstamsvolym (Tabell 8).

Tabell 8. Variabler som korrelerade med produktivitet (m³fub/G₁₅) i gallring**Table 8.** Variables that correlated with productivity (m³fub/G₁₅) in thinning

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff	p-värde
Medelstamsvolym GA	m ³ fub	15	0,497	0,049

Medelstamsvolymen i slutavverkning kunde till 66,4% (R²) förklara variationen i produktivitet. I gallring kunde medelstamsvolymen förklara 24,7% (R²) av variationen i produktivitet (Tabell 9).

Tabell 9. Produktivitet som en funktion av medelstamsvolym i slutavverkning respektive som en funktion av medelstamsvolym i gallring (SD = standardavvikelse)

Table 9. Productivity as a function of mean stem volume in final felling respective as a function of mean stem volume in thinning (SD = standard deviation)

Regressionsfunktioner	N	SD	p-värde	R ² (%)
Produktivitet SA = 8,90 + 53,1 Medelstamsvolym SA	16	3,49	<0,001	66,4
Produktivitet GA = 2,84 + 58,7 Medelstamsvolym GA	15	1,23	0,049	24,7

Samband mellan driftskostnad och skördarålder

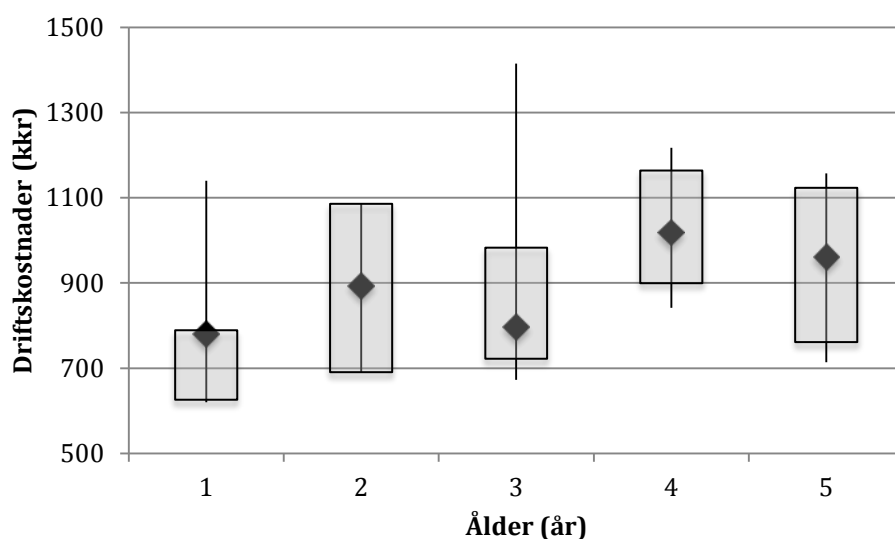
Skördarålder hade en positiv korrelation med driftskostnad per år (Tabell 10).

Tabell 10. Skördarålder i korrelation med driftskostnad per år

Table 10. Harvester age in correlation with operating cost per year

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff.	p-värde
Ålder	N	31	0,396	0,027

Driftskostnad per år för skördare varierade med maskinålder. Från år ett till år två skedde en ökning av driftskostnaden för de studerade skördarna. Därefter sjönk kostnaden för år tre för att sedan stiga igen till år fyra. Det var även mindre variation mellan skördare år fyra. Den största variationen i driftskostnad för skördare identifierades år tre (Figur 1 och Tabell 11).



Figur 1. Driftskostnad mot skördarålder. Boxarna utgör gränser för lägsta och högsta kvartilen för respektive maskinålder. De svarta punkterna åskådliggör medianer och de lodräta strecken visar vilket intervall maximum- och minimumvärdena ligger inom.

Figure 1. Operating cost and harvester age (years). The boxes delineate the lower and upper quartiles. The black dots are median values, and the vertical lines show in which interval the values are.

Tabell 11. Driftskostnad per år för respektive skördarålder. Max-, min- och medelvärde samt antalet observationer

Table 11. Operating cost per year per harvester age. Max, min and mean value and the number of observations

Ålder	N	Max	Min	Medel
1	7	1139776	619656	771977
2	3	1085938	690891	889972
3	9	1414488	672294	882782
4	8	1217242	841536	1023097
5	4	1156914	713976	948604

Skördarålder kunde som enskild variabel förklara 15,7% (R^2) av variationen i driftskostnad per år (Tabell 12).

Tabell 12. Driftskostnad per år som en funktion av skördarålder (SD = standardavvikelse)

Table 12. Operating cost per year as a function of harvester age (SD = standard deviation)

Regressionsfunktion	N	SD	p-värde	R^2 (%)
Driftskostnad = 730435 + 58201 Ålder	31	185617	0,027	15,7

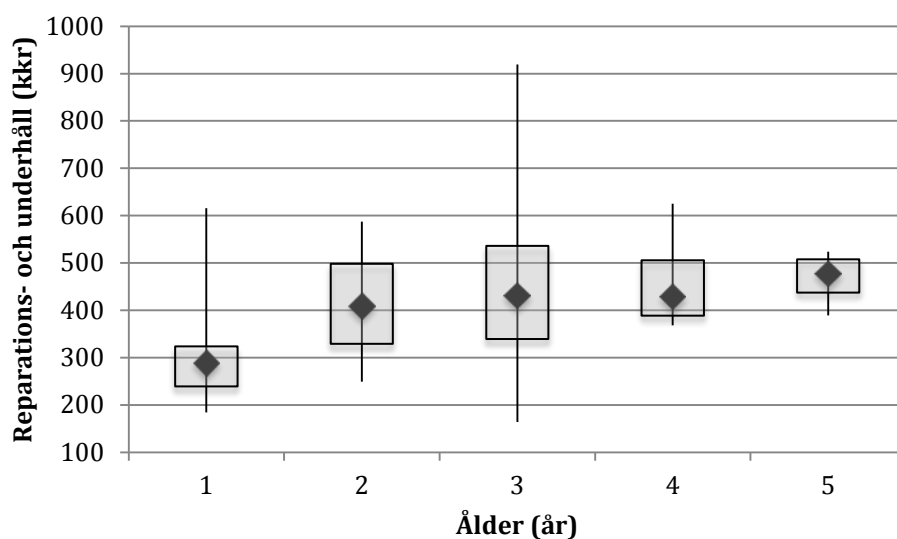
Det linjära sambandet mellan skördarålder och reparations- och underhållskostnad påvisade en positiv korrelation (Tabell 13).

Tabell 13. Skördarålder i korrelation med reparations- och underhållskostnad

Table 13. Harvester age in correlation with maintenance and repair cost

Variabel	Enhet	N	Korr.koeff.	p-värde
Ålder	N	31	0,453	0,008

Reparations- och underhållskostnad varierade med maskinålder för skördare. Detta kostnadslag hade en ökande trend från år ett för att sedan stagnera år tre. År fyra kunde en svag minskning av reparations- och underhållskostnad identifieras. För år fem skedde en ökning av kostnadslaget. Den största variationen mellan skördare identifierades år tre (Figur 2).



Figur 2. Reparations- och underhållskostnad mot skördarålder. Boxarna utgör gränser för lägsta och högsta kvartilen för respektive maskinålder. De svarta punkterna åskådliggör medianer och de lodräta strecken visar vilket intervall värdena ligger inom.

Figure 2. Maintenance and repair cost versus harvester age (years). The boxes delineate the lower and upper quartiles. The black dots are median values, and the vertical lines show in which interval the values are.

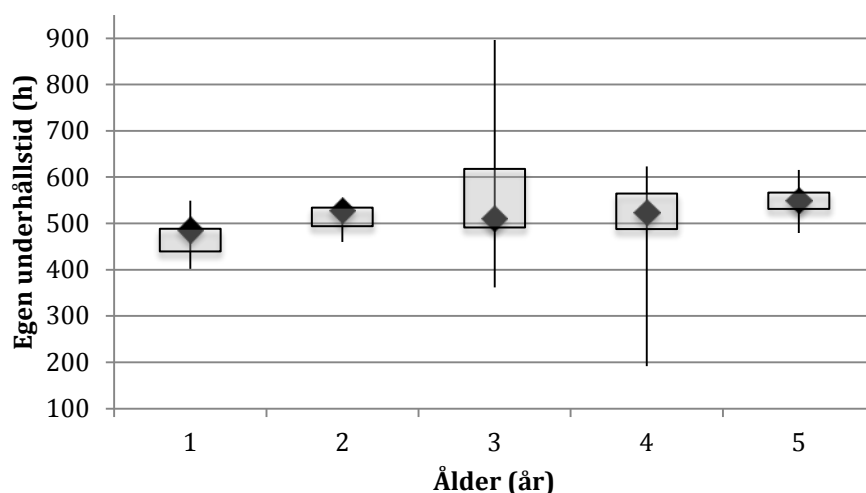
Reparations- och underhållskostnad prövades som en funktion av skördarålder. Åldern kunde som enskild variabel förklara 20,6% (R^2) av variationen i reparations- och underhållskostnad (Tabell 14).

Tabell 14. Reparations- och underhållskostnad som en funktion av skördarålder (SD = standardavvikelse)

Table 14. Maintenance and repair cost as a function of harvester age (SD = standard deviation)

Regressionsfunktion	N	SD	p-värde	R^2 (%)
Reparation och underhåll= 281351 + 50882 Ålder	31	138578	0,008	20,6

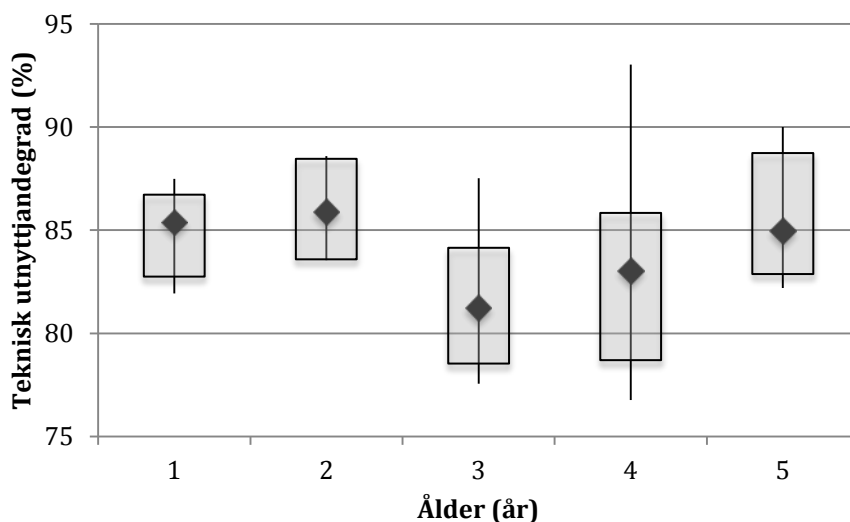
Antalet underhållstimmar som egen personal utfört på skördare varierade med maskinålder. Från år ett till år två ökade antalet underhållstimmar, för att sedan stagnera år tre. Till år fyra skedde en ökning av underhållstimmar och denna trend höll i sig även för år fem. Den största variationen i antalet underhållstimmar identifierades år tre (Figur 3).



Figur 3. Egen underhållstid mot skördarålder. Boxarna utgör gränser för lägsta och högsta kvartilen för respektive maskinålder. De svarta punkterna åskådliggör medianer och de lodräta strecken visar vilket intervall värdena ligger inom.

Figure 3. Maintenance hours and harvester age (years). The boxes delineate the lower and upper quartiles. The black dots are median values, and the vertical lines show in which interval the values are.

Teknisk utnyttjandegrad varierade med skördarålder. Den tekniska utnyttjandegraden sjönk år tre för att sedan stiga igen år fyra. År tre och fyra var variationen i teknisk utnyttjandegrad störst (Figur 4).



Figur 4. Teknisk utnyttjandegrad mot skördarålder. Boxarna utgör gränser för lägsta och högsta kvartilen för respektive maskinålder. De svarta punkterna åskådliggör medianer och de lodräta strecken visar vilket intervall värdena ligger inom.

Figure 4. Technical utilization and harvester age (years). The boxes delineate the lower and upper quartiles. The black dots are median values, and the vertical lines show in which interval the values are.

Diskussion

Egen kritik

En striktare ram för vad databasen ska innehålla, vilken typ av analys som ska utföras och vad som ska analyseras hade lett till en högre effektivitet i arbetet.

Databasen rensades på uppenbara felaktigheter vilket ledde till färre antal observationer men i gengäld blev kvaliteten på databasen högre och den blev lättare att hantera.

En faktor som ställde till med problem vid sammanställningen av de två databaserna var skillnaden på upplösningen i tid. Variablerna i databasen med traktvisa data tillförde inte särskilt mycket då upplösningen på dessa försämrades avsevärt när de räknades om på årsbasis för att ha samma upplösning som kostnadsdatabasen. En högre upplösning på kostnadsdatabasen hade tillfört mer till studien.

Avsaknaden av kostnad för flytt av maskiner gjorde att analysen blev mindre fullständig. Denna kostnadspost hade kunnat användas i analys mot exempelvis antalet avverkade trakter eller produktivitet.

Den analyserade databasen innehöll enbart totala kostnadsposter för skördare per år. Kostnader uppdelade på gallring respektive slutavverkning hade kunnat bidra till ett större djup i analysen.

Felaktig registrering av arbetstid kan vara en faktor som påverkar data för teknisk utnyttjandegrad. Den tekniska utnyttjandegraden beräknades fram av G₁₅-timmar, övriga G₁₅-timmar, egna underhållstimmar och övriga avbrott. Om någon av dessa poster har felaktiga värden slår det mot den tekniska utnyttjandegraden.

Tolkning av resultat

Allmänt om driftskostnader

Denna studie visade att övriga kostnader stod för 51 % av driftskostnaden och reparations- och underhållskostnad utgjorde 49 % av driftskostnaden för verksamhetsåret 2008 (se Tabell 3).

Samband mellan driftskostnader och produktivitet

Produktivitet hade ett mycket starkt samband med driftskostnad per m³fub. Som enskild variabel förklarade produktiviteten 70,4 % av variationen i driftskostnad per m³fub. Den variabel som påverkade produktiviteten mest, framförallt i slutavverkning, var medelstamsvolym. I slutavverkning förklarade medelstamsvolymen 66,4 % av variationen i produktivitet. I gallring förklarade medelstamsvolymen 24,7 % av variationen i produktivitet.

Produktiviteten var en så dominerande faktor att andra samband var svåra att identifiera p.g.a. datasetens låga upplösning som var på årsbasis. Att medelstamsvolymen hade en lägre förklaringsgrad för variationen i produktivitet i gallring än i slutavverkning tyder på att fler faktorer påverkar produktiviteten i gallring än i slutavverkning.

Samband mellan driftskostnader och skördarålder

Ett linjärt samband identifierades mellan driftskostnader och skördarålder. Skördarålder kunde förklara 15,7 % av variationen i driftskostnader. Vid plottning visade sig dock detta samband vara icke linjärt.

De variabler som plottades mot skördarålder visade alla samma trend. Vid år tre fann man den största variationen. Trenden var stigande år ett och två för att sedan plana ut eller minska år tre och fyra. En trolig förklaring till detta är att byte av skördaraggregat sker år tre (Rudman 2012 pers. komm.). Ett nytt aggregat kräver mindre reparation och underhåll. Teknisk utnyttjandegrad sjunker från år ett till år tre för att sedan stiga år fyra och fem. Detta stärker förklaringen att aggregatbyte leder till mindre underhåll och reparation, vilket ökar den produktiva tiden.

Jämförelse med andra studier

Sundberg (1982) visade att övriga kostnader utgjorde 22 % av driftskostnaden för en skördare och reparations- och underhållskostnad stod för 78 % av driftskostnaden. Löfroth och Brunberg (2006) visade att dieselpriiset hade stigit från 1990 till 2005 med 200 % (från 3 kr/l till drygt 9 kr/l). Fram till idag har kostnadsslaget övriga kostnader ökat i andel, lejonparten av denna ökning är p.g.a. ett ökat dieselpriis (Penttinen et al. 2009). Sedan 2003 har dieselpriiset stigit med nästan 100 % (Statoil.se 2011). Att dieselpriiset har stigit slår igenom även i denna studie då övriga kostnader utgjorde 51 % och reparations- och underhållskostnaden utgjorde 49 % av driftskostnaden för skördare.

Spinelli et al. (2011) utförde en studie på 48 skördare i Italien. De kom fram till att en högre maskinålder leder till högre reparations- och underhållskostnader. Deras resultat stämmer väl överens med resultaten som är presenterade i denna studie där en högre maskinålder ledde till högre reparations- och underhållskostnad för skördare. Däremot redovisade Spinelli et al. (2011) ett linjärt samband mellan reparations- och underhållskostnad och ålder vilket denna studie inte påvisade. I Spinelli et al. (2011) nämns det inte att byte av skördaraggregat har utförts, vilket skulle kunna vara en förklaring till varför den studien uppvisade ett linjärt samband mellan reparations- och underhållskostnad och skördarålder.

Flertalet studier av skördares prestation visar på att en högre medelstamsvolym innebär att produktiviteten ökar och därav sjunker driftskostnaderna per m^3 fub (Heinimann 2001; Sirén & Aaltio 2003; Brunberg 2007c). Resultaten i denna studie visar just på detta samband, att en högre medelstamsvolym ger högre produktivitet och en högre produktivitet leder till lägre driftskostnader per m^3 fub.

Nordfjell et al. (2010) visade att medelstamsvolym är en av de faktorer som har störst påverkan på produktivitet. En annan studie visade att medelstamsvolymen som enskild faktor kunde förklara drygt 60 % av variationen i produktivitet i både slutavverkning och gallring (Heinimann 2001). Den förklaringsgraden Heinimann (2001) kom fram till i sin studie stämmer in på resultatet i denna studie där medelstamsvolymen kunde förklara 66,4 % av variationen i produktivitet i slutavverkning respektive 24,7 % i gallring.

En studie från 2010 visar på att genomsnittlig teknisk utnyttjandegrad för skördare låg på 85 % 2008 (Nordfjell et al. 2010). Resultaten i denna studie stämmer väl överens med Nordfjell et al. (2010).

Tillämpning av resultat

Resultatet i denna studie indikerar att byte av skördaraggregat leder till minskade driftskostnader och ökad teknisk utnyttjandegrad. Fler studier på ett aggregatbytes effekter bör därför utföras. För framtiden skulle det vara intressant om studier utfördes mer ingående på hur mycket ett byte av skördaraggregat påverkar driftskostnaderna och den tekniska utnyttjandegraden. Här efterlyses en ekonomisk analys som reder ut när det är optimalt att byta aggregat på en skördare. En annan frågeställning med mer djup skulle vara: när är det optimalt att byta aggregat på en skördare i slutavverkning respektive gallring? Mer utförliga studier på faktorer som påverkar driftskostnader för respektive avverkningsform (slutavverkning och gallring) skulle behövas. Vid framtida studier bör särskilt fokus läggas på att samla in och använda data av hög upplösning, där så mycket som möjligt är på traktnivå.

Utifrån genomgången av kunskapsläget angående driftskostnader kan det även konstateras att det skulle behövas fler studier med inriktning på vilka faktorer som påverkar bränsleförbrukningen för skördare och skotare. Med tanke på de senaste årens ökning av dieselpriiset torde det finnas incitament för detta.

Slutsatser

- Produktiviteten var den dominerande förklaringen till variationen i driftskostnad per m³fub för alla skördare. Denna variabel kunde till 70,4 % förklara variationen. Ju högre produktivitet, desto lägre driftskostnad per m³fub.
- Skördaråldern hade en påverkan på driftskostnaderna. Variationen i driftskostnader kunde till 15,7 % förklaras av skördaråldern. En högre skördarålder innebar högre driftskostnader.
- Resultaten i studien tyder på att byte av skördaraggregat sänkte driftskostnaderna. Efter aggregatbyte minskade reparations- och underhållskostnaderna samt också antalet egna underhållstimmar. Resultatet tyder också på att byte av skördaraggregat hade en positiv effekt på skördares tekniska utnyttjandegrad. Variationen i samtliga av dessa variabler minskade också efter aggregatbyte.

Referenser

Tryckta referenser

- Axelsson, S-Å. 1975. Mätning, analys och optimering av skogsmaskinens driftsäkerhet. *Studia Forestalia Suecica*. Nr 12, 1975.
- Berg, S. 1983. Terrängtypschema för skogsarbete. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista.
- Bergkvist, I. 2008. Direktlastande uppstickare kan bryta skördar-/skotarsystemets dominans. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 9, 2008.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Skogforsk, Uppsala. Redogörelse nr 8, 1997.
- Brunberg, T. 2005. Standardiserad bränslemätning för skotare och skördare. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 10, 2005.
- Brunberg, T. 2006. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2006. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 22, 2006.
- Brunberg, T. 2007a. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare vecka 13 och 39, 2006. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr. 629, 2007.
- Brunberg, T. 2007b. Underlag för produktionsnorm för extra stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk, Uppsala. Redogörelse nr 2, 2007.
- Brunberg, T. 2007c. Ekonomin hos extra stor skördare tillsammans med stor skotare. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr. 630, 2007.
- Gunnarsson, P., Hellström, C. 1992. Bestånd med underväxt – rätt åtgärd på rätt plats sänker kostnaden. Rationaliseringskonferens 1992. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 1, 1992.
- Heinimann, H. R. 2001. Productivity of a cut-to-length harvester family – an analysis based on operation data. Council of forest engineering conference proceedings, Snowshoe, July 15-18 2001. 7p.
- Håkansson, M. 2000. Skogencyklopedin. Sveriges Skogsvårdsförbund. Stockholm.
- IUFRO. WP 3.04.02. 1995. Forest work study nomenclature. Test edition valid 1995-2000. Department of operational efficiency. Swedish university of agricultural sciences. Garpenberg, Sweden.
- Jönsson, P., Löfroth, C. 2007. Stor besparingspotential med bränslesnål skotning. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 12, 2007.
- Kellogg, L. D., Bettinger, P. 1994. Thinning productivity and cost for a mechanized cut-to-length system in the northwest pacific coast region of the USA. *Journal of Forest Engineering*. 5(2), 43-53.
- Löfroth, C., Brunberg, T. 2006. Bränsleförbrukning och förarmiljö. Skogforsk, Uppsala. Utvecklingskonferens 2006, dokumentation. Redogörelse nr 2, 2006.
- Löfroth, C., Rådström, L. 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport nr 624, 2006.
- Myhrman, D. 1993. Terrängmaskinen del 1. Skogforsk, Uppsala.
- Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M., Wästerlund, I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 25, 382-389.
- Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*. 40(2), 335-363.

- Sirén, M., Aaltio, H. 2003. Productivity and costs of thinning harvesters and harvester-forwarders. *International Journal of Forest Engineering*. 14(1), 39-48.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Picchi, G. 2011. Deploying Mechanized Cut-to-Length Technology in Italy: Fleet Size, Annual Usage, and Costs. *International Journal of Forest Engineering*. 21(2), 23-31.
- Sundberg, U. 1982. A study on cost of machine use in forestry – proposing fuel consumption as cost determinant. Institutionen för skogsteknik. Garpenberg: Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport nr 142.

Elektroniska referenser

- Penttinen, M., Mikkola, J., Rummukainen, A. 2009. Profitability of wood harvesting enterprises. Working papers of the Finnish forest research institute, 126. [online]. Tillgänglig: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp126.pdf> [2011-09-13].
- Statoil. 2011. Hemsida. [online] Tillgänglig: http://www.statoil.se/FrontServlet?ds=Statoil&state=Statoil_dynamic&viewid=2115762 [2011-09-19].

Personlig kommunikation

- Holm, Sören. 2011. Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. Personlig kommunikation, december 2011.
- Rudman, Jon. 2012. Stora Enso Skog AB, Falun. Personlig kommunikation, mars 2012.