

REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR.1 2010



Drivare i svenskt skogsbruk

ERFARENHETER OCH MÖJLIGHETER TILL UTVECKLING

The harwarder in Swedish forestry

EXPERIENCES AND POTENTIAL FOR FURTHER DEVELOPMENT

Isabelle Bergkvist



Isabelle Bergkvist, jägmästare. Anställd som forskare vid Skogforsk sedan 2001. Arbetar med teknik- och metodutveckling för skogsvård och drivning.

ABSTRACT

The harwarder is a combined harvester/forwarder that has been undergoing tests in Swedish forestry since the beginning of the 21st century. This report summarizes field studies, practical experiences and theoretical analysis of the harwarder. The objective was to provide support for decisions on the future progress of the harwarder in logging operations. The results show that the harwarder has the potential to reduce logging costs by 10-15% and fuel consumption by 20-40%, compared to the traditional logging systems with separate harvesters and forwarders. The harwarder is currently most competitive in final cuttings with small to medium-sized trees, and with short terrain transport distance. There is, however, a high potential to improve the productivity of the harwarder, and to extend the range of suitable logging conditions.

Ämnesord: Skogsbruk, avverkning, drivare, skotare, skördare, avverkningssystem, bränsleförbrukning, slutavverkning, gallring, kombimaskin.

Redaktör: Mats Hannerz

Formgivning: Inger Petré

Ansvarig utgivare: Jan Fryk

Översättning: Leslie Walke

Omslagsbild: Drivare Valmet 801C. Foto: Hagos Lundström, Skogforsk

REDOGÖRELSE

Drivare i svenskt skogsbruk

ERFARENHETER OCH MÖJLIGHETER TILL UTVECKLING

The harwarder in Swedish forestry

EXPERIENCES AND POTENTIAL FOR FURTHER DEVELOPMENT

Isabelle Bergkvist

Förord

År 2007 inleddes ett projekt i samarbete mellan ett antal skogsföretag, Skogforsk och maskintillverkare, där målsättningen var att utreda förutsättningarna för att tillverka en ny typ av drivare, anpassad enbart för slutavverkning. Syftet med projektet var dels att sammanställa historiken avseende studier och uppföljning av de drivare som använts i skogsbruket under 2000-talet, dels att utreda konkurrenskraften hos en tänkt slutavverkningsdrivare med avseende på:

- Prestation och kostnad
- Miljöpåverkan
- Framtida avverkningsbehov och beståndsförutsättningar

Sammantaget skulle detta ge en bild av den framtida efterfrågan på slutavverkningsdrivare och förutsättningarna för att tillverka en sådan maskin i serieproduktion. Denna Redogörelse utgör en sammanställning av den information som hittills framkommit inom projektet.

Jag vill rikta ett varmt tack till de personer från skogsbruket och hos olika maskintillverkare som bidragit till arbetet.

Uppsala, februari 2010

Isabelle Bergkvist

Innehåll

Sammanfattning	4
Summary	5
Inledning	6
Historisk utveckling för kombimaskiner och drivare	8
1980–1995, skotare med två aggregat	8
1995–2000, inget virke på backen	8
2002–2003, studier av Valmetdrivaren	8
Erfarenheter från drivare i praktisk drift hos	
Holmen Skog och Stora Enso Skog	11
Prestation	11
Maskinkostnad och TU	11
Synpunkter från förare och tjänstemän	13
Förbättringspotential för drivaren	14
Framrykningshastighet	14
Lastvolym	15
Kapacitet på kran och aggregat	15
Kostnader och prestationer för framtidens drivare	17
Grundförutsättningar i kalkylen	17
Avverkning	17
Transport/lossning	17
Kalkylresultat	19
Känslighetsanalyser	19
Flyttid och -kostnader	19
Antalet sortiment	21
Virkestillredning och sortiment	22
Årsavverkning	22
Marknaden för drivare	23
Tillgängliga volymer	23
Slutsatser	25
SWOT-analys	25
Sammanfattande slutsatser	26
Referenser	26
Bilaga 1	27
Bilaga 2	28

Contents

Abstract	4
Summary	5
Introduction	6
History of combimachines and harwarders	8
1980-1995, forwarders with dual functions	8
1995-2000, no log on the ground	8
2002-2003, studies of the Valmet harwarder	8
Results from use of harwarders in practical operation at Holmen Skog and Stora Enso Skog	11
Productivity	11
Machine cost and technical utilization	11
Views from operators and forest officers	13
Potential for improvement	14
Terrain speed	14
Loading capacity	15
Capacity of boom and head	15
Costs and production of a tomorrow's harwarder	17
Basis of cost calculations	17
Harvesting	17
Transport and unloading	17
Results from cost calculations	19
Sensitivity analyses	19
Time-consumption and costs of transport between harvesting sites	19
Number of assortments	21
Delimbing, cutting and assortments	22
Volume cut per year	22
The market for harwarders	23
Volumes available	23
Conclusions	25
SWOT analysis	25
Summarizing conclusions	26
References	26
Appendix 1	27
Appendix 2	28

Sammanfattning

Drivaren är en förfinad kombimaskin där alla moment i drivningen av rundved utförs med en och samma maskin utan aggregatbyte. Maskinen är utrustad med ett drivaraggregat (med såg, matarhjul och gripskänklar), vilket kan användas både vid upparbetning och vid lossning. Jämfört med ett traditionellt skördare/skotaresystem kan drivningen effektiviseras genom att virket direktlastas på drivarens lastutrymme. Målsättningen är att inget virke ska hamna på marken. Detta innebär i sin tur färre arbetsmoment och därmed en effektivare och bränslesnålare drivning. Direktlastningen medför dessutom renare virke, lägre flyttkostnader, enklare logistik och kortare ledtider.

Engreppsskördaren började användas i svenskt skogsbruk i början av 1980-talet. Idag utförs nära 95 % av all gallring och slutavverkning med engreppsskördare och skotare. Utveckling och förbättring av skördare/skotarsystemet har varit en starkt bidragande orsak till den höga produktivitetssökningen i skogsbruket under de senaste 30 åren, men ökningstakten börjar nu avta. Drivaren skulle kunna ge det tekniksprång som krävs för att bibehålla konkurrenskraften i svenskt skogsbruk.

Trots goda resultat i studier och analyser samt stor utvecklingspotential har intresset hos potentiella köpare av olika anledningar varit svalt i Sverige. Under 2000-talet marknadsfördes framför allt två olika drivare, Pinox 828 och Valmet 801 Combi, och som mest fanns ca 20 maskiner i drift. Dessa finns kvar men används framförallt för uttag av energisortiment. Sedan 2007 har varken Pinox eller Komatsu tillverkat drivare. Även om efterfrågan hittills har varit låg finns ett stort intresse och förhoppning i skogsbruket att drivaren kan komma att få en viktig roll. År 2007 inleddes ett projekt i samarbete mellan ett antal skogsföretag, Skogforsk och maskintillverkare med målsättningen att utveckla en ny typ av drivare, anpassad för slutavverkning. Projektet inleddes med en förstudie i syfte att sammanfatta studier, uppföljning och erfarenheter av Valmet 801 Combi, vilket har resulterat i denna Redogörelse. Förstudien innehåller en historisk beskrivning av drivarens utveckling, resultat från studier och erfarenheter i fält, analyser av förbättringspotentialer samt en skattning av hur framtidens avverkningar kommer att se ut.

Uppföljning och erfarenheter från Valmet 801 Combi visar att maskinen har potential att effektivisera drivningen. Förare och tjänstemän nämner:

- Inget virke på backen (inget nersmutsat eller översnöat virke)
- Roligare och skonsammare arbete
- Enklare administration.

Valmet 801 Combi togs från början fram som en gallringsdrivare men det har senare visat sig att den fungerar bättre i slutavverkning. För att kunna konkurrera med skördare/skotarsystemet i klenare slutavverkning skulle drivaren över lag behöva bli lite större. Utvecklingspotentialen finns i större lastutrymme, kraftigare kran och aggregat samt högre framryckningshastighet. Dessutom får drivaren problem vid uttag av många olika sortiment, men en analys har visat att upp till 10 sortiment kan hanteras med tydlig färgmärkning av stockarna och mellanstöttor i lastutrymmet.

Drivaren har lägre flexibilitet än en liten slutavverkningsskördare tillsammans med en skotare. En anledning är att den inte är lämplig där transportarbetet tar betydligt längre tid än avverkningsarbetet, vilket ger en sänkt produktion (färre kubikmeter per timme). Drivaren har också svårt att konkurrera i gallring, trots att avverkningen tar längre tid än transportarbetet. Orsaken är i det fallet att stickvägsplaneringen blir för komplicerad (lasset ska vara fullt så nära avlägg som möjligt, vilket är svårt att åstadkomma i praktiken). Det har funnits en farhåga att drivarsystemet blir ett nisch-system som måste transporteras långt mellan lämpliga avverkningar. I praktisk drift har drivaren dock visat sig relativt flexibel, och en nytillverkad slutavverkningsdrivare skulle kunna konkurrera vid mer varierade förutsättningar.

En marknadsanalys baserad på data från Riksskogstaxeringen visar att stor del av slutavverkningarna i framtiden kommer att ha klen medelstamvolym i norra Sverige, och i södra Sverige är objekten små med korta transportavstånd. Detta innebär att drivaren borde kunna konkurrera på en stor del av de framtida slutavverkningarna.

Summary

Direct loading systems like those using a harwarder seem to offer higher productivity, lower costs and environmental benefits compared with the traditional harvester/forwarder system.

The harwarder is a combined harvester/forwarder that has been undergoing tests in Swedish forestry since the beginning of the 21st century. The work involved:

- Time and comparative studies
- Practical operations
- Theoretical analyses and calculations

The conclusion from all three procedures is that direct loading of logs reduces the number of work processes, thereby increasing productivity. Time consumption per m^3 to roadside could potentially be reduced by over 20% compared with the harvester/forwarder system. This contributes to lower costs as well as more efficient use of the machines. The harwarder is sensitive to site conditions where transport and unloading represent much of the total logging work. Long transport distances, for example, cause delays in the harvest and thereby loss of production. The harwarder also struggles when the number of assortments is high. The machine is less flexible than the harvester/forwarder system since the harwarder is not suitable in dense stands or if the transport distance is too long.

A correctly-used harwarder system has the potential to reduce logging costs by 10–15% under certain logging conditions. In addition, the traditional harvester/forwarder system uses extra energy in picking up logs from the ground for loading. Direct loading can therefore reduce total fuel consumption in the logging operation. Studies showed that harwarder fuel consumption was approximately 0.9 l/ m^3 solid at roadside. Under the same conditions the average fuel consumption of the traditional system was 1.4 l/ m^3 solid. Theoretical calculations also confirmed that fuel consumption could be reduced by 20–40% in direct loading systems. Furthermore, the harwarder has other benefits such as less impact on the ground surface, minimized lead times for industry and improved ergonomic conditions for forest workers.

Considering that the harwarder is relatively new in forestry, the system has great potential for further development and could become even more competitive in the future.

Inledning

Under 1980-talet utvecklades tvåmaskinsystemet med engreppsskördare och skotare. Maskinsystemet är väl anpassat till det svenska skogsbruket och i dagsläget uppskattas att nära 95 % av avverkningen sker med skördare-skotare. Utvecklingen har alltså skett under mer än 30 år och tvåmaskinsystemet kan idag betraktas som ett moget system, där ytterligare förbättringar endast leder till marginella produktivitetshöjningar. Målsättningen är att hitta nya vägar för att öka effektiviteten, minska miljöpåverkan och öka kvaliteten för att i slutändan nå ett högre netto i skogsbruket.

En nackdel med skördare/skotaresystemet är att det kräver två separata maskiner, vilket ökar flyttkostnaderna, miljöpåverkan och behovet av samordning. Idéer till en kombinerad maskin som både avverkar och transporterar virket har funnits sedan skogsbruket mekaniserades, och under 1980- och 90-talen togs flera prototyper fram. Från början utgick dessa från skotare som hade kompletterats med skördarkran och skördaraggregat. Så småningom utvecklades maskiner som är anpassade för både avverkning och skotning. Dessa maskinsystem fick så småningom ett gemensamt namn – drivare.

Drivaren är byggd och utvecklad för att kunna genomföra samtliga moment i drivningsarbetet i en följd med en och samma maskin. Till skillnad från kombinationsmaskiner som bygger på skotare med möjlighet att skifta aggregat till ett skördaraggregat, är drivaren utrustad med grip, såg, kvistknivar och matarvalsar i ett och samma aggregat. Drivaraggregatet tillsammans med vridbar hytt samt ett vrid- och tiltbart lastutrymme medför att upparbetningen kan ske med direktlastning. När lastutrymmet är fullt transporteras virket ut till avlägg och lossas med hjälp av aggregatets gripskänklar. Direktlastningen bidrar till en högre produktivitet i och med att antalet moment i drivning reduceras. Vidare innebär direktlastningen en betydligt lägre bränsleförbrukning per kubikmeter eftersom lastningen i skogen med skotare står för ca 30 % av den totala bränsleförbrukningen i skördare/skotaresystemet. Hundra procent direktlastning ska därför alltid eftersträvas hos drivaren oavsett avverkningsförhållanden.

Produktionen för en drivare begränsas av hur stor andel av den totala drivningstiden som utgörs av avverk-

nings- respektive transportarbete. Andelen transport- och lossningsarbete ska vara så liten som möjligt i syfte att maximera produktionen. Drivaren är därför som mest konkurrenskraftig i klena bestånd nära väg. All innovation som kan minimera andelen transport- och lossningsarbete (t.ex. snabbare transport eller effektivare lossning) ökar drivarens konkurrenskraft även i grövre bestånd med längre transportavstånd. Drivaren innebär låga flyttkostnader eftersom att det endast är en enhet som ska transporteras mellan objekten. Konkurrenskraften är därför stor även i områden med mindre avverkningstrakter.

Olika typer av drivare anpassade för direktlastning har funnits i praktisk drift i Sverige sedan början av 2000-talet. Tekniker och metoder har under åren förfinats till att i dagsläget inriktas mot i första hand slutavverkning. Konkurrenskraften hos drivarkonceptet jämfört med det dominerande systemet med skördare/skotare har i studier och uppföljning visat på en stor potential i klen slutavverkning nära väg.

Trots detta har inte konceptet slagit igenom och våren 2007 beslutade Komatsu Forest att tillverkningen av drivaren Valmet 801 Combi skulle läggas ned. Detta förklarades med en alltför låg efterfrågan på maskinsystemet. Utöver Valmetdrivarna finns ett antal Pinoxdrivare i svenskt skogsbruk, Pinox 828, som inte heller tillverkas längre. Den används nu främst för bränslehuggningar, vissa gallringar samt vid rensning av vägrenar och kraftledningsgator. Maskinen upplevs för klen för att fungera enbart som slutavverkningsdrivare.

Intresset för drivaren har trots detta visat sig vara stort i skogsbruket. Det finns många anledningar till att den inte har slagit igenom på marknaden. Några som ofta nämns är storleken (för stor för gallring och för liten för slutavverkning), priset (högt pris för en relativt okänd maskin), problem som många sortiment kan orsaka, samt att man inte lyckats sprida informationen till de grupper som ska investera i och anlita drivare i skogsbruket. År 2007 inleddes därför ett samarbetsprojekt mellan ett antal skogsföretag, Skogforsk och maskintillverkare, där målsättningen var att utreda förutsättningarna för att tillverka en ny typ av drivare, anpassad enbart för slutavverkning.

Syftet med projektet var dels att sammanställa historiken avseende uppföljning och studier av de drivare som använts i skogsbruket under 2000-talet, dels att utreda konkurrenskraften hos en tänkt slutavverkningsdrivare med avseende på:

- Prestation och kostnad
- Miljöpåverkan
- Framtida avverkningsbehov och beståndsförutsättningar

Sammantaget skulle detta ge en bild av den framtida efterfrågan på slutavverkningsdrivare och förutsättningarna för serietillverkning av en sådan maskin.

Denna Redogörelse utgör en sammanställning av den information som hittills framkommit inom projektet, vilket presenteras i fem olika delprojekt:

- Sammanfattning av historiken kring kombimaskiner och drivare.
- Uppföljning och erfarenheter av Valmet 801 Combi på Holmen Skog och Stora Enso Skog.
- Studier av förbättringspotential för ökad konkurrenskraft med utgångspunkt från Valmet 801 Combi.
- Presentation av ett kalkylverktyg som bygger på erfarenheter från studier och uppföljning.
- Analys av drivarens konkurrenskraft i slutavverkning i olika delar av Sverige.

Texten bygger både på publicerade och tidigare opublicerade forskningsresultat samt på praktiska erfarenheter. Marknadsanalysen bygger på uppgifter från Riksskogstaxeringen.

Historisk utveckling för kombimaskiner och drivare

1980–1995, skotare med två aggregat

Under slutet av 1980- och början av 1990-talet testades olika kombimaskiner i det svenska skogsbruket (Andersson, 1989). Bland annat marknadsförde FMG en kombinerad skördare-skotare, där en FMG 250 användes som basmaskin. Den var utrustad med en modifierad skördarkran och snabbkoppling mellan skördaraggregat och skotargrip. Nokka-Joker Kombi var ett annat alternativ, där man även kopplade loss lastbäraren när maskinen arbetade som skördare. Även detta koncept innebar snabbkoppling mellan två olika aggregat. Vid samma tidpunkt tillverkades också ett av de första kombiaggregaten, IW-35, av IW maskinservice i Sundsvall. Det utgjordes av ett litet stegmatat engreppsskördaraggregat med gripskänklar. Studier visade dock att tidsåtgången vid fällning och upparbetning fördubblades jämfört med ett traditionellt skördaraggregat (Andersson, 1988).

År 1993 hade företaget utvecklat aggregatet med mattrullar i stället för stegmatningen. Det övertogs senare av Timberjack, som marknadsförde det under namnet DA-90. DA-90 testades under mitten av 1990-talet med goda resultat (Pedersen, 1995). Valmet konstruerade redan i slutet av 1980-talet den maskin (Valmet kombiskotare) som senare utvecklades till 801 Combi (Abelson, 1989). Valmets kombiskotare var från början anpassad för gall-ring av träddelar och det skulle ta nästan 10 år innan man ansåg att marknaden var mogen för en rundvedsdrivare.

Maskinerna på 1990-talet liknade mer eller mindre dagens drivarkoncept men utan möjligheten till direktlastning. Vinsten i maskinsystemen ansågs framför allt vara de minskade flyttkostnaderna i drivningen. Man såg en stor fördel i enmaskinsystemet för avverkningar på små objekt, där två separata maskiner innebar höga flyttkostnader.

1995–2000, inget virke på backen

Under senare delen av 1990-talet började de kombimaskiner som fanns i skogsbruket att även användas i slutavverkning. I slutet av 1990-talet presenterade Valmet en drivarprototyp som var avsedd för gallring och uttag av 3-meters ved. Presentationen gjordes på Elmia i samarbete med Stefan Olaison på Sydved. Detta var också första gången begreppet drivare började användas. Parallellt med Valmets prototyp konstruerade entreprenören

Per-Olov Gunnarsson en prototypdrivare. Dessa spår låg senare till grund för en intensifierad diskussion mellan skogsföretag och tillverkare.

År 1997 var Holmen Skog, Sydved och Stora Enso initiativtagare till ett drivarseminarium. Denna grupp från skogsbruk och tillverkare skulle senare utvidgas med forskare från Skogforsk. Den här utvecklingsgruppen drev sedan utvecklingen av drivaren under slutet av 1990-talet och början av 2000-talet. Utvecklingsgruppen tog i samband med drivarseminariet fram ritningar på hur andra generationens drivare borde se ut (bilaga 1). Detta gjordes i samarbete med Bror Hult. I slutet av 1990-talet konstruerade Sten Nyström på Malå Skogstjänst i samarbete med Holmen Skog en slutavverkningsdrivare med tilt- och svängbart lastutrymme. Lastutrymmet kunde med andra ord vridas mot aggregatet (det fällda trädet) och tiltas (fällas ner) för att möjliggöra upparbetning direkt på lasset. Drivaraggregatet, vilket kombinerar avverkningsfunktion med gripfunktion, möjliggjorde sedan lossning av virket utan att byta aggregat och slagordet var nu: Inget virke på backen!

Redan de första studierna av denna prototypdrivare indikerade en stor potential att sänka drivningskostnaderna (figur 1). Figuren visar kostnaden för skördare/skotaresystemet utifrån de underlag för produktionsnormer som användes i början av 2000-talet. Kostnaderna jämförs med den kalkylerade kostnaden för drivaren utifrån studier och analyser som gjordes av den nya prototypen (Hallonborg & Nordén, 2000). Anledningen till att kurvorna är parallella är att man ansåg att drivaren borde kunna hålla skördarens produktionsnivå i skördarmomenten. Detta har under senare tid reviderats, bland annat därför att kvistning/kapning blir något långsammare med ett kombiaggregat och att drivaraggregatet alltid tar in virket till och utgår från lastbäraren, vilket rimligen ökar tidsåtgången något (Bergkvist m.fl., 2003).

2002–2003, studier av Valmetdrivaren

Arbetet i den ovan nämnda utvecklingsgruppen ledde till att Valmet började marknadsföra Valmet 801 Combi år 2001. År 2002 genomförde Skogforsk de första studierna av maskinsystemet (Bergkvist m.fl., 2002 och 2003). Även SLU genomförde metodstudier som visade på goda resultat för drivaren (Andersson, 2002). Valmet 801 Combi var en regelrätt drivare med vrid- och tiltbart lastutrymme, vridbar hytt och kombiaggregatet Valmet

330 duo. Maskinen byggdes dock i två versioner, en med vridbart lastutrymme avsedd framför allt för slutavverkning samt en gallringsdrivare med fast lastutrymme med tvärlägg. Studieresultaten stämde väl överens med tidigare studier och potentialen hos Valmet 801 Combi ansågs mycket stor i klen slutavverkning (Bergkvist m.fl., 2002 och 2003).

Studierna av Valmet 801 Combi i gallring uppvisade inte samma goda resultat som i slutavverkningen. Figur 2 visar drivarens prestation i fyra gallringsstudier och två slutavverkningsstudier jämfört med den målkurva man ville uppnå (70 % och 60 % av skördarens prestation i gallring respektive slutavverkning). Orsakerna till att drivaren inte riktigt nådde målprestationen i praktisk gallring var bland annat:

- Det fasta lastutrymmet innebar ett omlastningsmoment när tvärläggget blev fullt, vilket försämrade prestationen.
- Upparbetningen direkt på lasset var komplicerad eftersom stickvägsträden avverkades bakom lastutrymmet med hjälp av kamera.
- Det var svårt att planera arbetet längs stickvägarna så att full last kunde erhållas så nära avlägget som möjligt.

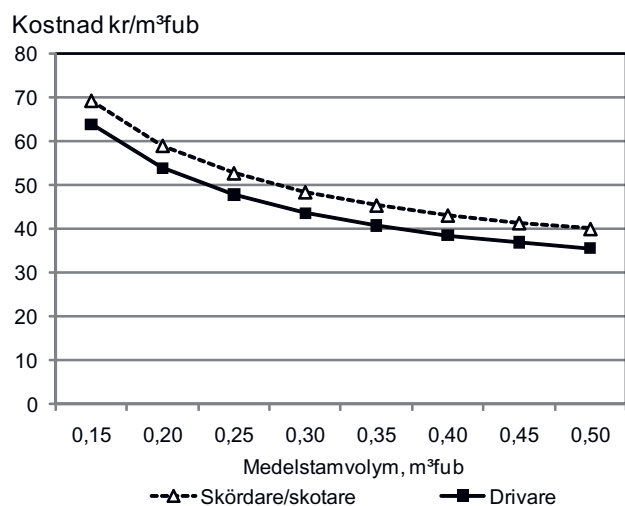
Vid studierna av Valmet 801 Combi identifierades direktlastningen återigen som den viktigaste faktorn när det gällde drivarens konkurrenskraft jämfört med skördare/skotaresystemet. Studierna visade att produktionen per timme ökade med 5–10 m³fub/G₀-h¹ när man direktlastade 100 % jämfört med när träden upparbetas på marken (figur 3).

I syfte att avgöra hur mycket drivaren fick kosta per timme genomfördes en ytterligare analys. I denna jämfördes avverkningskostnaden för skördare/skotaresystemet med drivaren i ett objekt med 0,25 m³fub² i medelstamvolym och 300 m transportavstånd (figur 4). Timkostnaden för skördaren sattes i analysen till 900 kr/G₁₅-h³ i slutavverkning och 800 kr/G₁₅-h i gallring samt 500 kr/G₁₅-h för skotaren oavsett åtgärd medan drivarens timkostnad varierades. Figuren visar att drivaren var klart konkurrenskraftig jämfört med det traditionella systemet i slutavverkning. I gallring kunde drivaren inte hävda sig konkurrensmässigt om timkostnaden översteg 850 kr/G₁₅-h.

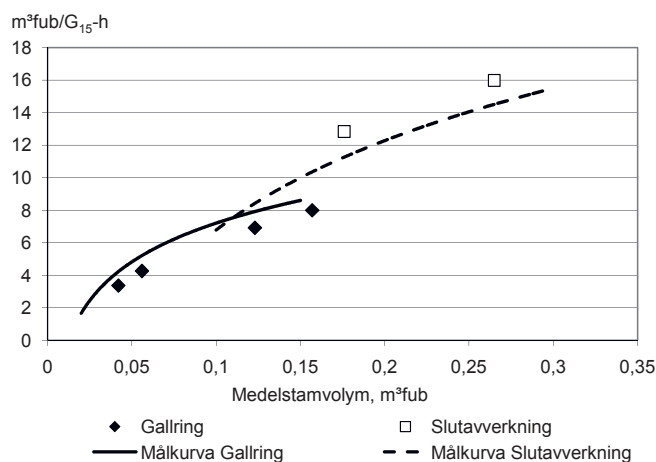
¹ Go-h = Grundtid utan avbrott (den faktiska arbetstiden).

² m³fub = fastkubikmeter under bark, ett vanligt volymmått när man jämför prestationer i avverkning.

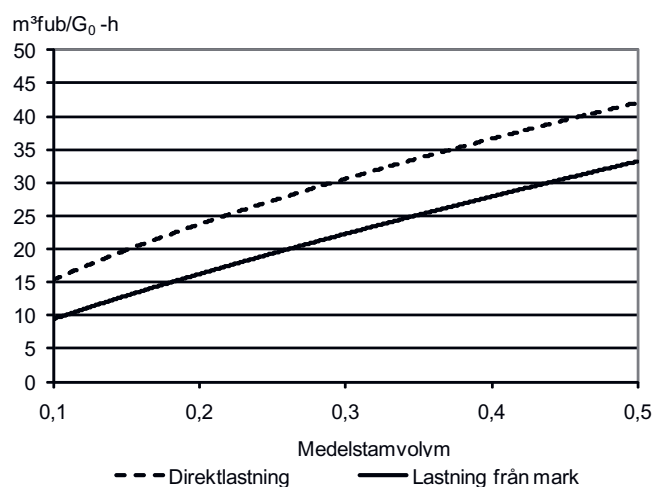
³ G₁₅-h = Grundtid inklusive kortare avbrott (den faktiska arbetstiden inklusive kedjebyten och mikropausar), men längre avbrott är borträknade.



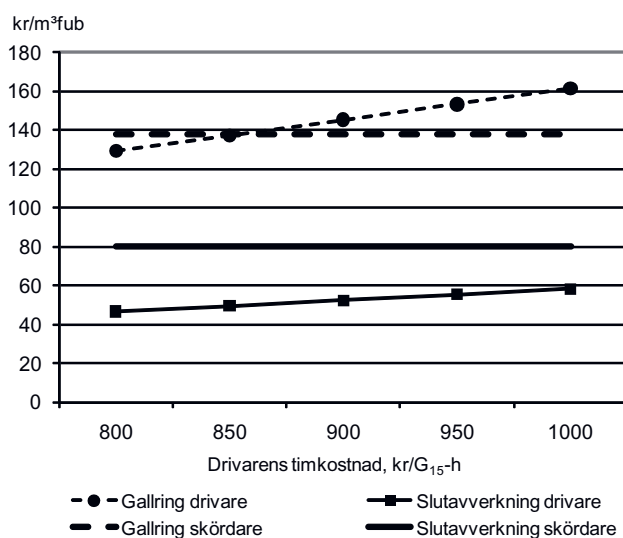
Figur 1. Beräknad drivningskostnad (kr/m³fub) för drivaren jämfört med skördare/skotare systemet utifrån studier och analyser gjorda 2000 (Hallonborg & Nordén, 2000).



Figur 2. Medelprestation (m³fub/G₁₅-h) vid studier av Valmet 801 Combi jämfört med den målskurva som man önskade uppnå (från Bergkvist m.fl., 2003).



Figur 3. Produktion (m³fub/G₀-h) vid 100 % direktlastning jämfört med om träden upparbetas på marken (från Bergkvist m.fl., 2003).



Figur 4. Drivningskostnad utifrån studierna för skördare/skotaresystemet jämfört med drivaren, där drivarens timkostnad varierar. För de övriga maskinerna var timkostnaden fast och motsvarades för skördaren av 900 kr/G₁₅-h i slutavverkning och 800 kr/G₁₅-h i gallring samt 500 kr/G₁₅-h för skotaren. Medelstamvolymen var 0,07m³fub i gallring och 0,25 i slutavverkning. Medeltransportavstånd 300 m. (från Bergkvist m.fl., 2003).

Erfarenheter från drivare i praktisk drift hos Holmen Skog och Stora Enso Skog

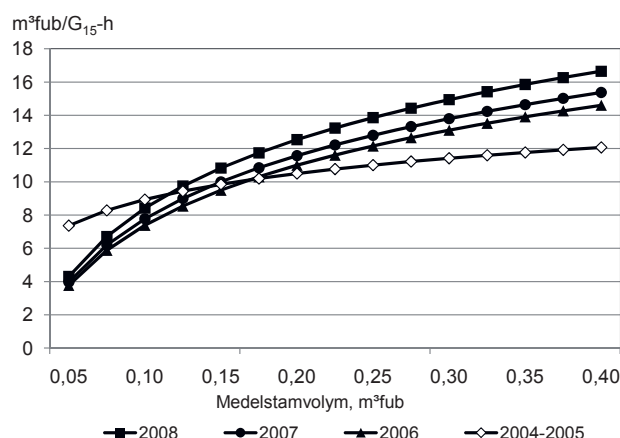
Under 2000-talet har mellan 5 och 10 Valmet 801 Combi använts i praktisk drift, varav en ägts av Stora Enso Skog och två av Holmen Skog. Från dessa maskiner finns uppföljningsdata, vilkas medelvärden sammanställs i figur 5–7. Sammanställningen bygger på företagens egna uppföljningar samt samtal med förare och distriktspersonal.

Prestation

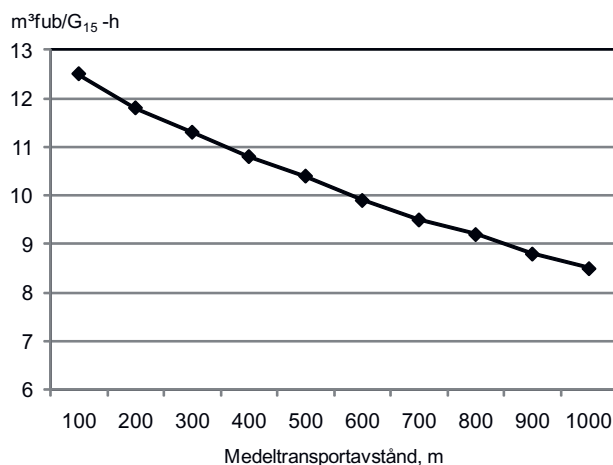
Prestationskurvorna för drivarna har visat en positiv trend mellan 2004–2008 (figur 5). Under de två senaste åren har drivningskostnaden för drivaren legat i nivå med, och vid många avverkningar även lägre än, skördaren/skotarens drivningskostnad (muntliga uppgifter från Stora Enso Skog och Holmen Skog). Båda företagens maskiner är medräknade i analysen som är gjord med avseende på prestation vid olika medelstamvolym och med ett konstant transportavstånd på 300 m. Om transportavståndet varieras vid en konstant medelstamvolym på 0,2 m³fub, ger det en i stort sett ett linjärt förhållande mellan transportavstånd och prestation (figur 6).

Maskinkostnad och TU

I figur 7 redovisas medelvärden för maskinkostnad (kr/G₁₅-h), teknisk utnyttjandegrad (TU)⁴, samt antal timmar i praktisk drift (G₁₅-h/år) för tre maskiner på Stora Enso Skog och Holmen Skog. Den nominella kostnaden för drivaren har av naturliga skäl ökat under de senare åren p.g.a. högre löner och ökade rörliga kostnader (diesel och olja). Højningen av dessa kostnadsposter återfinns även för skördare/skotaresystemet, vilket gör det svårt att värdera den nominella timkostnaden över tiden för drivaren. I figur 7 redovisas i stället den relativa storleken och variationen för olika kostnadsposter, vilket möjliggör en analys av vilka poster som förändras med ökad maskinålder. Reparation och reservdelar utgör en större andel av den totala kostnaden 2007 och 2008 än tidigare år (figur 7). Detta förklarar även till viss del att maskinernas TU sjunker med tiden (figur 7). Liksom för skördare/skotaresystemet utgör drivmedel en ökande andel av totalkostnaden, vilket tillsammans med ökade miljökrav på skogsbruket intensifierar behovet av att utveckla maskiner med låg bränsleförbrukning.

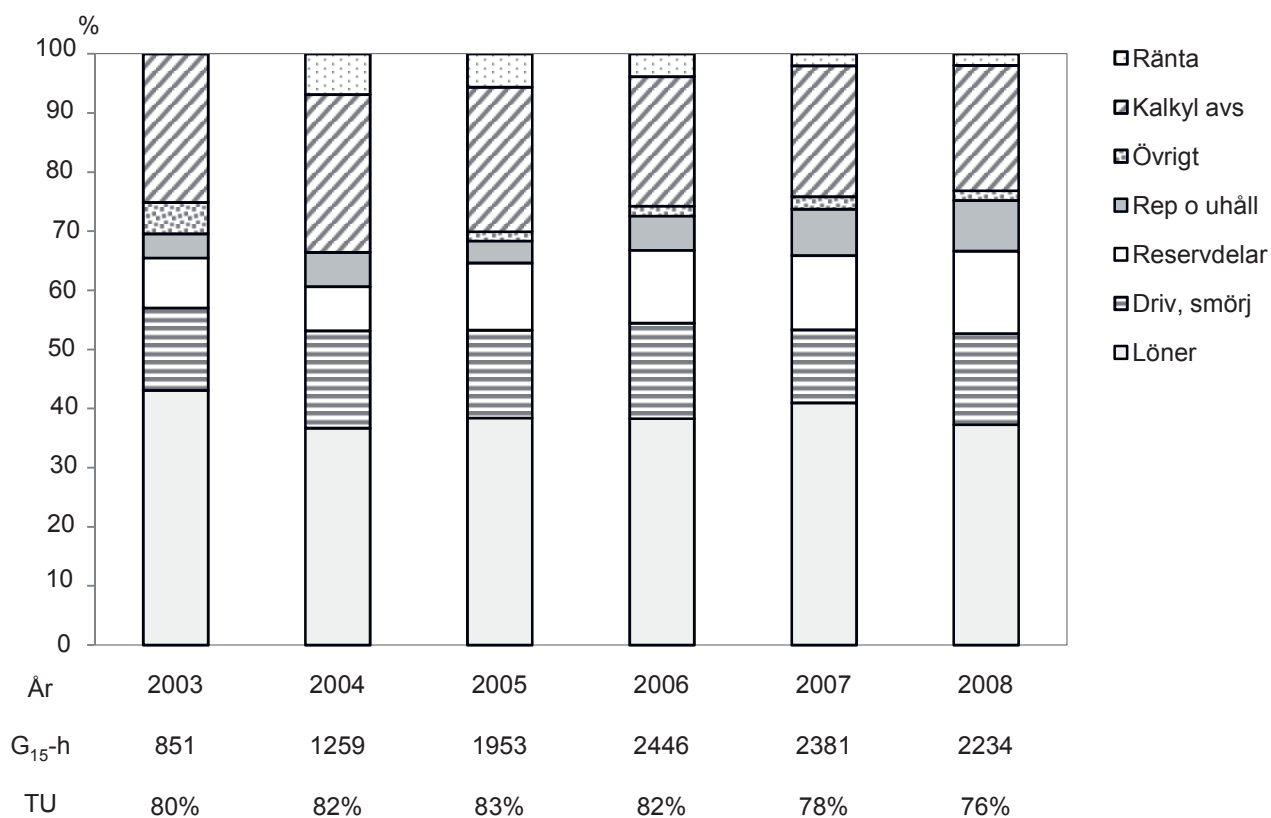


Figur 5. Prestationsutvecklingen mellan 2004–2008 för samtliga företagsägda maskiner på Stora Enso Skog och Holmen Skog, medeltransportavstånd 300 m. Källa: uppföljning av Stora Enso Skogs drivare i Sveg samt Holmen Skogs drivare i Norsjö och Bredbyn.



Figur 6. Medelvärde för samtliga maskiner vid olika transportavstånd och medelstamvolymen 0,2 m³fub/h. Källa: uppföljning av Stora Enso Skogs drivare i Sveg samt Holmen Skogs drivare i Norsjö och Bredbyn.

⁴ TU = Teknisk utnyttjandegrad, Maskintid (när maskinen är i arbete)/Arbetstiden (skifttiden) → ju mer reparationer och underhåll desto lägre TU



Figur 7. Medelvärde över tiden för de tre företagsägda drivarna avseende relativ kostnad för olika kostnadsposter, TU samt produktiv tid per år. Källa: uppföljning av Stora Ensos drivare i Sveg samt Holmen Skogs drivare i Norsjö och Bredbyn. Kostnadsposter i diagrammet: Ränta, kalkylavskrivningar, övrigt, reparation och underhåll, reservdelar, drivmedel och smörjolja samt löner.

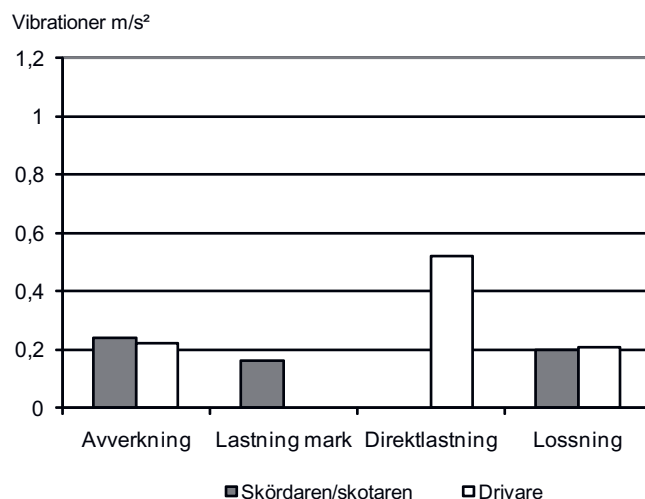
Synpunkter från förare och tjänstemän

Omdömena om drivaren är i stort sett odelat positiva från förare och ansvariga skogstjänstemän. De anser att arbetet i drivaren är mer intressant och givande även om det ställer högre krav på föraren. Ergonomin för föraren förbättras jämfört med en skördare p.g.a. en naturlig arbetsväxling mellan avverkning och transport/lossningsarbete. Däremot visade studier att vibrationsnivån totalt sett var högre i en drivare jämfört med nivåerna i skördare/skotaresystemet, framför allt orsakat av vibrationer i lastutrymmet vid direktlastning (Granlund & Thor, 2005) (figur 8). Vid transport är vibrationsnivån för både drivaren och skotaren korrelerad med framryckningshastigheten och studien visade inte på några skillnader mellan maskintyperna (figur 9).

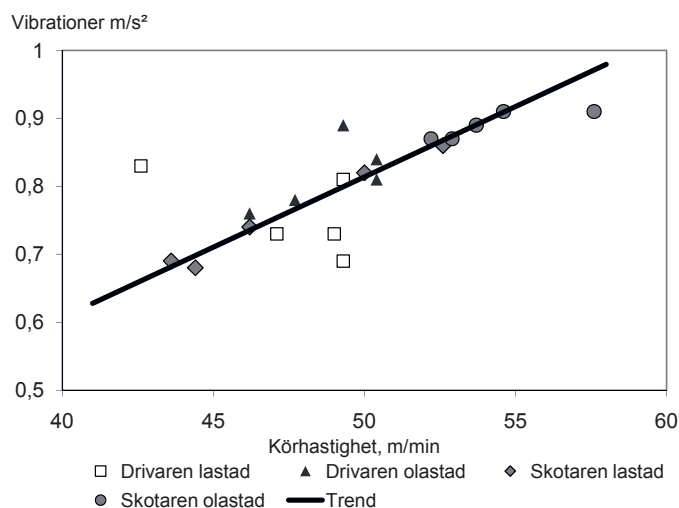
Tjänstemän på Stora Enso Skog, distrikt Sveg, samt Holmen Skog, distrikt Norsjö, var mycket positiva till drivarkonceptet. De betonade dock att drivaren inte får bli för klen och begränsad i beståndsurvalet eftersom det då går åt tid att hitta rätt objekt och dessutom riskerar flyttavstånden att bli längre.

Drivarens administrativa fördelar överväger dock och kan sammanfattas i följande punkter:

- Systemet är alltid i balans mellan avverkning och skotning.
- Inget virke på marken, inga föroreningar och ingen risk att virke glöms under snö.
- Inget förstört skogslager under den varma säsongen.
- Bra och tillförlitliga uppgifter om vilka volymer och sortiment som finns i väglager.



Figur 8. Vibrationsnivå i en drivare jämfört med skördaren (avverkning) respektive skotaren (lastning och lossning) (från Granlund & Thor, 2005).



Figur 9. Vibrationsnivån i drivaren och skotaren under körning (från Granlund & Thor, 2005).

Förbättringspotential för drivaren

Sedan de första Valmet 801 Combi-maskinerna kom ut på marknaden har drivaren förbättrats och anpassats efter hur man valt att utnyttja den. Man upphörde till exempel ganska snart med försöken att använda drivaren i gallring. Då fanns inte längre något behov av en drivarvariant med fast lastutrymme eftersom tvärlägget för tre-meters massaved var framtaget enbart för gallring i södra Sverige, där man av utrymmesskäl inte kunde använda vridbart lastutrymme. Drivaren har i stället anpassats och utvecklats för att klara lite grövre slutavverkning. Bland annat har dragkraft och körhastighet förbättrats genom en uppgradering av motorn från fyra till sex cylindrar. Ett antal studier och analyser har gjorts för att utvärdera andra möjliga åtgärder som skulle kunna förbättra drivarens prestanda och konkurrenskraft. Studierna är gjorda 2006–2008 av Skogforsk, och har presenterats i arbetsrapporter, resultatnummer och på konferenser (Bergkvist, 2007a., Bergkvist 2007b., Bergkvist 2009). I några fall är studierna opublicerade.

Några av idéerna till förbättringar presenteras kortfattat nedan.

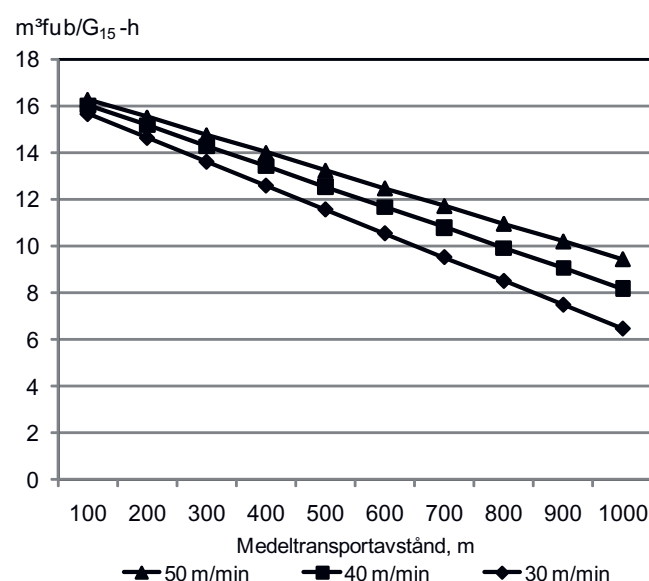
Framryckningshastighet

Alla åtgärder som minskar tiden för terrängtransport och lossning innebär att drivarens avverkningsprestation ökar. Vinsten måste dock ställas mot eventuella ökning av tillverkningskostnaden alternativt försämringar av någon annan egenskap, t.ex. skonsamhet mot mark och rothalsar eller vibrationsnivåer. Begränsas de negativa följderna av teknikutvecklingen finns en stor potential att förbättra drivarens konkurrenskraft.

Framryckningshastigheten vid terrängtransport är generellt sett lägre hos drivaren än hos en skotare. Vid studierna 2002–2003 var drivarens framryckningshastighet under tomkörning ca 35 m/min och under lasskörning ca 45 m/min. (Bergkvist m.fl., 2002). Drivaren som användes vid dessa studier hade dock bara en 4-cylindrig motor. Dagens 6-cylindriga motor har högre dragkraft och ger därför en något högre framryckningshastighet. Tidigare drivare har dock inte uppnått skotarens hastighet i terräng, som oftast pendlar mellan 50 och 55 m/min.

Anledningen till den lägre framryckningshastigheten hos drivaren är bland annat att den är tyngre än en skotare med samma lastvolym. Dessutom sitter hytten högre, vilket medför högre vibrationsnivåer p.g.a.

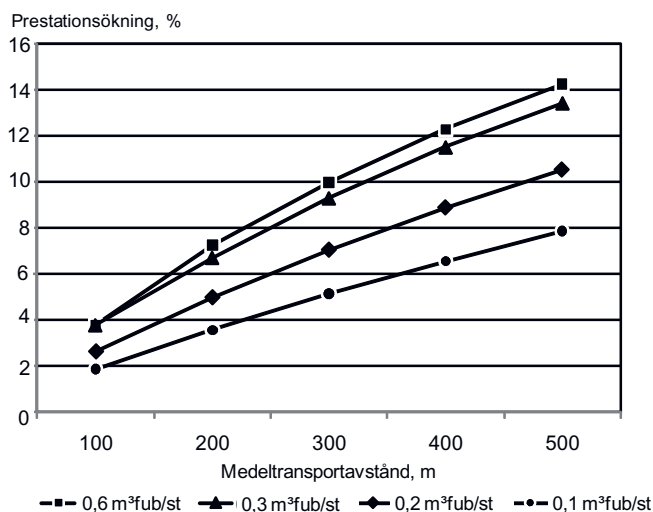
längre "pendelavstånd" från marknivån. Med bättre vibrationsdämpning på en framtida drivare skulle framryckningshastigheten kunna nå skotarens nivå. Bättre vibrationsdämpning kommer även att krävas för att inte rådande gränsvärden ska överstigas. En specialbyggd slutavverkningsdrivare kommer förmodligen ha en större motor med bättre dragkraft. Om framryckningshastigheten kunde ökas till i paritet med skotarens, skulle det innebära 3–5% ökad prestation för varje 10 m/min som medelhastigheten ökas (figur 10).



Figur 10. Analys av hur körhastigheten under tom- och lasskörning påverkar drivarens prestation.

Lastvolym

Drivarens prestation har analyserats i ett antal studier, vilka tillsammans med uppföljningsmaterial har resulterat i de prestationsnormer som har använts som målfunktioner i figur 2. I tidsstudierna delades drivningen in i avverkningsmoment. Utifrån momenttiderna är det möjligt att analysera hur ett större lastutrymme skulle påverka drivarens prestation. Valmet 801 Combi med vridbart lastutrymme rymmer ca 15 m³fub. Om lastvolymen ökades till 18 ton (drygt 20 m³fub) skulle prestationen stiga med ca 2–15 % beroende på transportavstånd och medelstamvolym (figur 11). Anledningen till att fördelen med större lastvolym är större vid högre medelstamvolym är att transportarbetet då utgör en större andel av drivningsarbetet (figur 11). Vid medelstamvolymen 0,2 m³fub och medeltransportavståndet 300 m utgör avverkningsarbetet ca 70 % och transport/lossning ca 30 % av det totala arbetet för drivaren. Motsvarande förhållande i grövre skog (0,5 m³fub) är 60 % avverkning och 40 % transportlossningsarbete.



Figur 11.

Kalkylerad prestationsökning vid olika medeltransportavstånd och medelstamvolym när lastutrymmet ökas med 40 % (från 15 m³fub till drygt 20 m³fub).

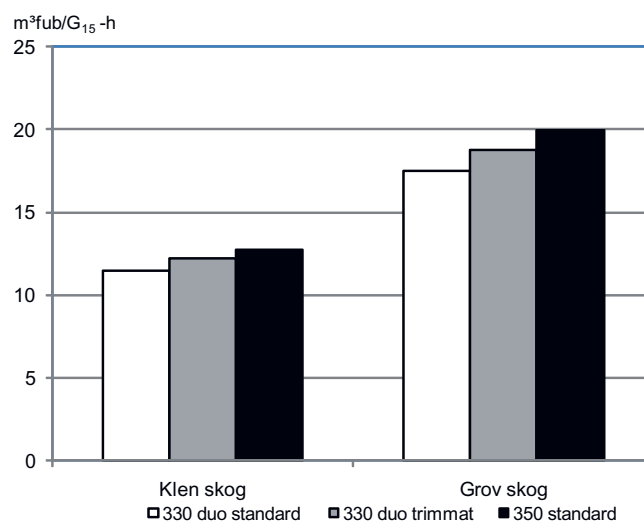
Kapacitet på kran och aggregat

År 2006 testades ytterligare idéer för att förbättra drivarens prestation. Hypotesen var att prestationen vid

avverkning skulle öka om olika aggregat användes för avverkning och lastning, det vill säga att ett byte görs mellan ett avverkningsaggregat och en grip. Dessutom utreddes om prestationen kunde öka genom mindre modifieringar av kran och aggregat. Kranens längd kan modifieras genom att jämföra kranar med enkel- och dubbelutskjut. Dubbelutskjut används framförallt i gallring för att kunna maximera stickvägsavståndet, medan enkelutskjut är att föredra i slutavverkning eftersom kostnaden för dubbelutskjutet överstiger värdet av den ökade prestationen. Studierna, som utfördes av Skogforsk, jämförde tre olika utförande (detaljerad beskrivning återfinns i bilaga 2):

- Vanligt 330 duo-aggregat och kran med dubbelutskjut.
- Trimmat 330 duo-aggregat
 - högre arbetstryck
 - starkare sågmotor
 - längre främre kvistknivar
 - proportionellt styrt tryck på knivar och matarvalsar
 - högre dragkraft
 - dessutom togs ett av utskjuten bort från kranen
- 350-aggregat (där aggregatbyte till grip simulerades genom att en skotare lossade virket). Även denna variant av kran/aggregat var utrustad med enkelutskjut.

Studien visade att prestationen ökade med ca 11 % om man använde ett 350-aggregat för avverkningen och byte till grip vid lastningen jämfört med det kombinerade 330-aggregatet i normal medelstamvolym för drivaren (0,203 m³fub) (Skogforsk, opublicerad). I grövre skog (0,573 m³fub) var prestationsökningen 14 % (figur 12). Detta innebär en vinst på 6–7 min. per lass, vilket inte ansågs motivera utvecklingen av ett snabbkopplings-system för aggregatbyte på drivaren. El- och hydraulsystem på en drivare är betydligt mer avancerade än på t.ex. en grävmaskin (vilka byter aggregat på mindre än en minut), och detta innebär att aggregatbytet beräknas ta 10–15 minuter på en drivare. Studien visade dock på en potential att höja prestationen med 6–7 % genom små modifieringar av aggregat och kran (figur 12). Dessa modifieringar är nu genomförda på samtliga Valmet 801 Combi.



Figur 12.
Prestationer för drivaren i tre olika utförande samt vid normal och grov medelstamvolym.

Tabell 1.
Sammanfattning av önskade förbättringar och skattad prestationsökning för framtidens drivare.

Önskad förbättring av en slutavverkningsdrivare	Förbättringspotential – Skattad prestationsökning
Bättre vibrationsdämpning och högre framryckningshastighet.	3–5 % om hastigheten ökas med 10 m/min.
Större lastvolym.	2–15 %
Kraftigare kran och aggregat.	10 %
Drivaraggregat med möjlighet att fälla bort mätthjulen vid lossning.	15–20 %

Kostnader och prestationer för framtidens drivare

Analysen av drivarens förbättringspotential visade på stora möjligheter att ytterligare stärka konkurrenskraften jämfört med skördare/skotaresystemet. Under hösten 2008 utvecklades en kalkyl för drivare i samarbete mellan Stora Enso Skog, SCA Skog, och Skogforsk. Kalkylen har varit på remiss till stora delar av skogsbruket. Såväl kostnader som prestationskurvor i denna är därför väl förankrade. Kalkylen ger möjlighet att simulera teknik- och metodförbättringar hos drivaren samt att därigenom göra känslighetsanalyser på ett enkelt och kostnadseffektivt sätt.

Prestationen för skördare/skotaresystemet är uppdelad på moment vilka jämförs med en relativ prestation för drivarsystemet. Den relativa prestationen för drivaren kan ändras momentvis i kalkylen och det är alltså upp till användaren vilken potential man ser för drivarens prestationsnivå. Prestationen ställs mot en kostnadskalkyl som bygger på lång erfarenhet från praktisk drift av skördare, skotare och drivare. Utöver prestation och kostnad ger kalkylen möjlighet att jämföra årsavverkningsvolym per system samt bränsleförbrukning och arbetsinsats per m³fub. Dessutom beräknas flyttkostnader och produktionsförluster p.g.a. flyttid, vilket ger möjlighet att analysera objektstorlekens påverkan på konkurrenskraften hos de olika systemen.

Grundförutsättningar i kalkylen

Bestånds- och maskinförutsättningar samt relativa prestationsnivåer för drivaren kan alltså ändras i kalkylen, men det finns grundvärden att utgå ifrån (tabell 2). Beståndsförutsättningarna är framtagna i samarbete med Stora Enso Skog och SCA Skog och kan anses representativa för bolagsägd mark i norra Sverige. Drivarens bränsleförbrukning är lägre än skotarens när drivaren utför skotningsmomentet. Anledningen är att lastningsmomentet är energiintensivt och drivarens totala förbrukning per timme blir därför lägre än skotarens i och med att drivaren direktlastar, vilket rationaliserar bort lastningsmomentet. Drivarens förbrukning under transport och lossning är ungefär 85 % av skotarens bränsleförbrukning.

Prestationsnivåerna bygger på uppföljning av praktisk drift och studier av såväl skördare/skotare som drivare (tabell 3). Normprestationen för skördare/skotaresystemet är nivålagd för att spegla drivning i hela Sverige.

Anledningen till den lägre prestationen för drivaren jämfört med skördare/skotaresystemet i avverkningsmoment respektive transport/lossningsmoment antas vara följande:

Avverkning

- Körning – tar längre tid p.g.a. att man förflyttar drivaren med lass.
- Kran ut – aggregatet utgår alltid från lastbäraren vilket innebär mer krankörning jämfört med skördaren som släpper virket vid stickvägskant för att sedan positionera mot nästa träd. Uppskattningsvis ger detta en ökning av tidsåtgången med ca 5%.
- Intagning – allt virke ska till lastutrymmet till skillnad från skördaren, där aggregatet kan gå direkt till nästa stam.
- Kvistning/kapning-drivaraggregatets begränsningar i effektivitet – tyngre aggregat, gripen sitter i vägen etc.
- Övrigt – virket måste sorteras på lasset om olika sortiment ska särhållas.

Transport/lossning

- Terrängtransport – lägre framryckningshastighet beroende på bl.a. hög hyttposition och lägre lastvolym (teoretiskt sett skulle lastvolymen kunna vara densamma som för skotare, men då blir totalvikten orimligt hög).
- Lossning – drivaraggregatets grip har normalt mindre kapacitet än skotarens (kan minimeras med nytt aggregat med större griparea).

Den relativa prestationen för drivaren kan utifrån detta förändras med avseende på olika förbättringspotentialer, vilket förändrar resultatet i kalkylen. Det är även troligt att drivarens relativa prestation varierar jämfört med skördare/skotaresystemet vid olika medelstamvolym. Kalkylen medger att drivarens relativa prestation förändras efter egna erfarenheter och uppfattningar vid olika beståndsförhållanden.

Tabell 2.
Grundförutsättningar i kalkylen.

Maskinberoende förutsättningar	Skördare/skotare	Drivare
Investering Skotare/Drivare, kr	Aktuellt riktpreis	Skattad
Investering Skotare, kr	Aktuellt riktpreis	utifrån kalkyl
Lastutrymme, m ³ fub	20	18
Transporthastighet, m/min.	50	50
Bränsleförbrukning, avverkning l/h	17	17
Bränsleförbrukning, skotning l/h	14	11,5
Maskinoberoende förutsättningar		
<i>Omkostnader</i>		
Ränta, %	7,08	
Diesel, kr/l	7,78	
Olja, kr/l	23,1	
<i>Flytt och resor</i>		
Flyttkostnad per tillfälle och maskin, kr	3 000	
Tid per flytt, h	3	
<i>Beståndsförutsättningar</i>		
Traktstorlek, m ³ fub	2 000	
Transportavstånd (medel på årsavverkningen), m	350	
Medelstamvolym (medel på årsavverkningen), m ³ fub	0,2	

Tabell 3.
Tidsåtgång för skördare/skotaresystemet jämfört med relativ tidsåtgång för drivaren.

	Skördare	Drivare
Prestation	h/m ³ fub	Relativ tidsåtgång jämfört med skördare/skotare, %
Körning	0,006	105
Kran ut/Fällning	0,015	105
Intagning	0,007	115
Kvistning/Kapning	0,020	105
Övrigt	0,002	300
Total Avverkning	0,051	114
Skotare		
Körning	0,012	111
Lastning inklusive körning	0,032	0
Lossning	0,007	130
Totalt Skotning	0,050	44
Summa	0,101	79

Nedan redovisas resultat utifrån de förutsättningar som presenteras i tabell 2 och 3.

Kalkylresultat

Resultatet utifrån ovanstående förutsättningar redovisas i tabell 4. Utöver en effektivare drivning (82 % av skördareskotersystemets tidsåtgång per m³fub vid bilväg) är mindre tidsåtgång och kostnad för flytt en betydande anledning till att drivaren är konkurrenskraftig jämfört med skördare/skotersystemet. Kostnaden och tidsåtgången för flytt mellan objekten är mer än 1,5 gånger så stor för både skördaren och skotaren jämfört med drivaren.

Tabell 4.
Resultat utifrån förutsättningarna ovan.

	Skördare	Skotare	Drivare
Timkostnad, kr/G ₁₅ -h (inklusive flytt och resor)	929	701	923
Antal flyttar per år	29	29	18
Flyttkostnad, kr/G ₁₅ -h	30	30	19
Prestation m ³ fub/G ₁₅ -h	19,69	19,92	12,49
Drivningskostnad, kr/m ³ fub	82,37		72,77

Känslighetsanalyser

Systemens känslighet för förändringar i medeltransportavstånd och medelstamvolym redovisas i matriserna i fi-

gur 13–15. Matriserna visar drivarens kostnad (figur 13), bränsleförbrukning (figur 14) och tidsåtgång per m³fub vid bilväg (figur 15) jämfört med skördare/skotersystemet. För områden där drivarens kostnad är högre än skördare-skotersystemet, d.v.s. över 100 %, är matrisen skuggad. Kombinationer där drivaren är det konkurrenskraftigaste alternativet är svagare skuggad.

Flyttid och -kostnader

Anledningen till att drivaren här är så mycket mer konkurrenskraftig jämfört med tidigare analyser är att flyttkostnad och tidsåtgång för flytt räknas in i kalkylen (samt även bilresor till och från objekten). Varje flytt belastar systemet med en tidsåtgång som innebär produktionsförluster. I praktisk drift hanteras detta på olika sätt och ibland räknas inte flyttiden in i produktionstiden, vilket innebär att produktionsförlusterna blir mindre, men det är ändå viktigt att redovisa att det finns stora kostnader förknippade med flyttning mellan objekten (figur 13). En annan intressant konsekvens av detta är att ju större och effektivare maskinen är, desto högre andel av tiden läggs på att flytta maskinen mellan objekten. Detta innebär att extra stora skördare kräver stora objekt för att inte tappa i produktion.

Drivarsystemet har lägre bränsleförbrukning och tidsåtgång (mantid per m³fub vid bilväg) jämfört med skördare/skotersystemet vid alla transportavstånd och medelstamvolym (figur 14 och 15).



Medelstamvolym m ³ fub, %	Transportavstånd, m						
	100	200	300	400	500	600	700
0,1	87	88	89	90	91	92	93
0,2	85	87	89	91	92	93	95
0,3	86	88	90	92	94	96	97
0,4	86	89	91	94	96	98	100
0,5	88	90	93	95	97	100	101
0,6	89	92	94	97	100	101	103
0,7	90	93	96	100	101	103	104

Figur 13.

Drivarens relativa kostnad jämfört med skördare/skotaressystemet (kr/m³fub). Det mörkt skuggade området visar var skördare/skotaressystemet är billigare än drivaren.

Medelstamvolym m ³ fub, %	Transportavstånd, m						
	100	200	300	400	500	600	700
0,1	82	82	82	82	82	83	83
0,2	78	79	79	79	80	80	80
0,3	77	77	78	78	79	79	80
0,4	76	77	78	78	79	79	80
0,5	77	77	78	79	79	80	80
0,6	77	78	78	79	80	80	81
0,7	78	78	79	80	80	81	81

Figur 14.

Drivarens relativa bränsleförbrukning jämfört med skördare/skotaressystemet (l/m³fub).

Medelstamvolym m ³ fub, %	Transportavstånd, m						
	100	200	300	400	500	600	700
0,1	79	80	80	81	82	82	83
0,2	76	78	79	80	81	82	83
0,3	76	77	79	80	81	82	83
0,4	76	78	79	81	82	83	84
0,5	77	79	80	82	83	84	86
0,6	78	80	81	83	84	86	87
0,7	79	81	82	84	85	87	88

Figur 15.

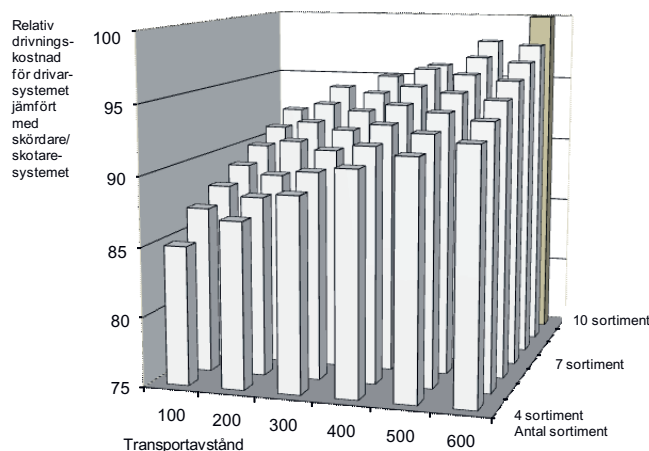
Drivarens relativa tidsåtgång jämfört med skördare/skotaressystemet (mantimmar/m³fub).

Antalet sortiment

En kritik som ofta framförs mot drivaren är att hantering av många sortiment skulle påverka prestationen och konkurrenskraften negativt. Kalkylverktyget som utvecklats i drivarprojektet kan användas för att få en uppfattning om hur fler än fyra sortiment påverkar prestationen hos drivarsystemet respektive skördare/skotaressystemet. Brunberg m.fl. (2001) analyserade kostnaden i avverkning och skotning för att sortera i skogen. De fann vid studien att ytterligare ett sortiment ökade tidsåtgången i lossningsarbetet med ca 0,10 min/m³fub. Varje extra sortiment i kalkylen innebär alltså 0,0017 h/m³fub i tilläggstid på lossningen för drivaren respektive skotaren.

Drivningskostnaden för respektive system jämfördes i kalkylen. Grundförutsättningarna för maskin-, förbruknings- och beständsegenskaper (tabell 2) användes i kalkylen men antalet sortiment varierades från 4 till 10 sortiment. Resultatet visar att drivarsystemet påverkas mer av ökat antal sortiment än skördare/skotaressystemet, men trots detta är drivaren konkurrenskraftig upp till 600 m transportavstånd och 9 sortiment (figur 16). Anledningen till att drivaren påverkas i högre grad än skördaren/skotaren av ytterligare sortiment är att ökad tidsåtgång för transport/lossning sänker avverkningsprestationen. I skördare/skotaressystemet påverkas endast skotaren av en längre lossningstid. Även prestationen i avverkningen minskar med ökat antal sortiment, men man kan anta att detta påverkar systemen lika och prestationsförlusten i avverkningen redovisas därför inte i kalkylen.

Analysen visar att marginalen för drivaren är tillräckligt stor vid medelstamvolymen 0,2 m³fub för att genomföra sortering vid avlägg och ändå behålla konkurrenskraften gentemot skördare/skotaressystemet. I praktiken kräver detta en fungerande metod, t.ex. utökad färgmarkering av stockarna för att lättare kunna sortera på lasset och effektivisera lossningen, liksom välplanerade avlägg, men det borde inte innebära några större tekniska problem. I grövre skog minskar drivarens konkurrenskraft betydligt mer jämfört med skördare/skotaressystemet (figur 17).



Figur 16.

Relativ drivningskostnad för drivaren jämfört med skördare/skotaressystemet vid olika transportavstånd och mellan 4-10 sortiment, medelstamvolym 0,2 m³fub. Den skuggade stapeln visar var skördare/skotare-systemet är billigare än drivaren.

Medelstamvolym m ³ fub, %	Transportavstånd, m						
	100	200	300	400	500	600	700
0,1	90	91	92	93	94	95	96
0,2	92	94	95	96	98	100	100
0,3	94	96	98	100	101	102	104
0,4	97	99	100	102	104	105	107
0,5	99	101	103	105	106	108	109
0,6	100	103	105	107	108	110	111
0,7	102	104	106	108	110	112	113

Figur 17.

Drivarens relativa kostnad jämfört med skördare/skotaressystemet vid sortering av 10 sortiment (kr/m³fub). I det mörkt skuggade området är kostnaden för skördare/skotare-systemet likvärdig eller lägre än kostnaden för drivaren.

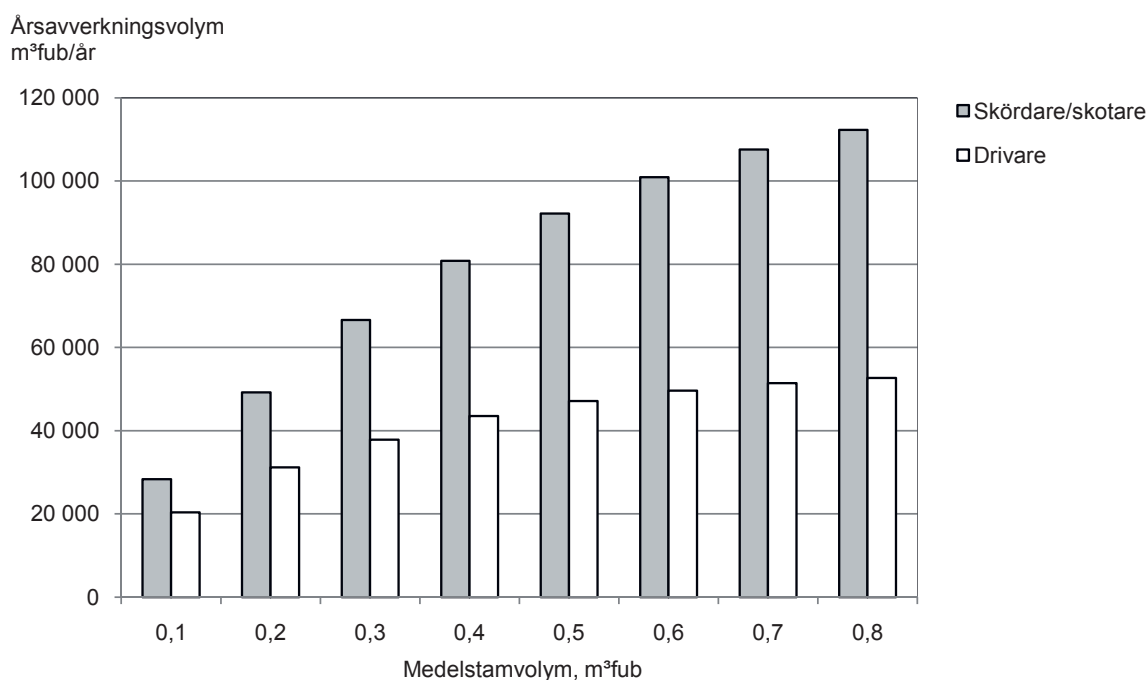
Virkestillredning och sortiment

Skogforsk har inte specialstuderat drivarens virkestillredning. Däremot genomförs apteringsuppföljning på samma sätt som vid avverkning med skördare och man har inte kunnat konstatera några avvikelser i virkestillredningen. Förarna anser överlag att drivaraggregatet fungerar väl för mätning och hantering av virket. Det finns därför ingen anledning att befara en sämre aptering eller virkestillredning efter drivare än efter en skördare. Eventuellt kan man anta mindre risk för kapsprickor i och med att stockarna läggs direkt på lasset och därigenom har lägre fallhöjd jämfört med om de upparbetas på marken. Dessutom får virket ett naturligt stöd mot lasset. Vidare ligger aldrig drivaravverkat virke på mar-

ken i beståndet, vilket minskar risken för nedsmutsning, insekts- och blånadsskador, samt att virket blir översnöat. Vid tillverkning av en ny slutavverkningsdrivare finns det anledning att utreda frågan vidare.

Årsavverkning

Årsavverkningsvolymen är betydligt mindre för en drivare jämfört med skördare/skotaressystemet, speciellt vid högre medelstamvolym (figur 18). Drivarsystemet innehåller dock bara en maskin och producerar därför mer per maskinenhet. Vid medeltransportavståndet 300 m producerar två drivare mer än ett skördare/skotaressystem, förutsatt att medelstamvolymen inte överstiger 0,5 m³fub (figur 18).



Figur 18.

Årsavverkningsvolym per system vid olika medelstamvolym och medeltransportavståndet 300 m.

Marknaden för drivare

Nedan följer en analys av förutsättningarna i kommande slutavverkningar inom den närmaste 10-årsperioden. Analysen bygger på data från Riksskogstaxeringen. Materialet innehåller all barrdominerad skog som uppnår slutavverkningsbar ålder fram t.o.m. 2020. En framtida slutavverkningsdrivare skulle enligt våra kalkyler och analyser kunna konkurrera i de flesta beståndstyper. Konkurrenskraften är störst upp till en medelstamvolym på drygt 0,4 m³fub. Analysen i kombination med detta gränsvärde kan ge en uppfattning om var och på hur stor andel av slutavverkningsarealen som drivaren är konkurrenskraftig. Utöver klen medelstamvolym gynnas drivaren av korta transportavstånd och den påverkas inte heller lika negativt av små objekt som skördare/skotaressystemet gör. Uppgifterna från Riksskogstaxeringen medger tyvärr ingen analys av vare sig medeltransportavstånd eller storlek på objekt. Båda varierar dock stort över landet och dessutom mellan privata skogsägare och skogsbolag. Dessa faktorer lämnas därför utanför denna analys. Volymen som presenteras som lämplig för drivarsystemet kan i stället reduceras med avseende på andra faktorer genom att beakta förutsättningarna på respektive företag.

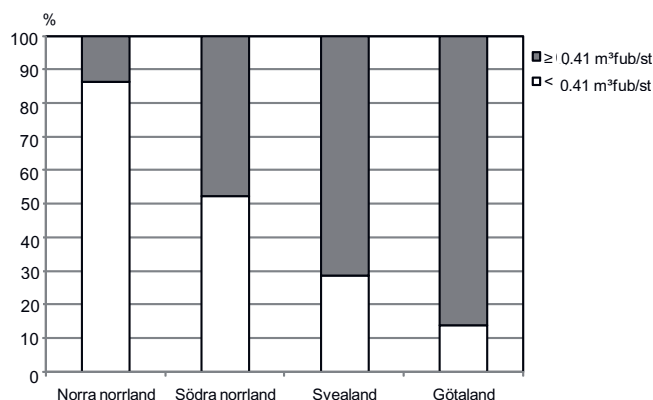
Alternativet till att använda data från Riksskogstaxeringen hade varit att använda verkliga volymer från företagens avverkningsuppföljningar. Risken med uppföljningsdata är att det påverkas av faktorer som t.ex. stormfällade volymer, insektsskadade volymer och efterfrågan på olika dimensioner. Detta bedömdes ge större avvikelse från den verkliga tillgängliga slutavverkningsarealen/volymen än materialet från Riksskogstaxeringen. Till volymerna i denna analys tillkommer dessutom ca 6 miljoner m³ lövdominerad avverkning. Eftersom det är svårt att bedöma vilket system som passar bäst där har denna volym lämnats utanför.

Data är uppdelade i fyra klasser beroende av medelstamvolym; <0,21 m³fub, <0,31 m³fub, <0,41 m³fub samt >0,41 m³fub. Antar man att bestånd med olika medelstamvolym avverkas i en likvärdig fördelning kan man få en uppfattning av hur stor volym som finns tillgänglig för drivarsystemet under den kommande 10-årsperioden.

Tillgängliga volymer

I norra Norrland är 86 % av den möjliga slutavverkningsvolymen klenare än 0,41 m³fub i medelstamvolym

(figur 19). I södra Norrland, Svealand och Götaland är motsvarande andel 52 %, 29 % respektive 14 %.



Figur 19.

Andelen av den totala arealen slutavverkningsbar skog som är grövre respektive klenare än 0,41 m³fub/st i Norrland, Svealand och Götaland.

I figur 20 är möjlig slutavverkningsvolym per år uppdelad på procentandel för klasser av medelstamvolymen. Notera att klass 1, 2 och 3 går från noll och upp till klassgränsen, vilket innebär att klass 2 (<0,31 m³fub) även innehåller volymerna i klass 1. Klass 3 (<0,41 m³fub) innehåller följaktligen volymerna i klass 1 (<0,21 m³fub) och 2 (<0,31 m³fub). Skulle drivaren bara vara konkurrenskraftig i skog <0,2 m³fub är den i stort sett bara realistisk att använda i norra Norrland (eftersom flyttarna i övriga landsdelar förmodligen blir för långa för en sådan nischmaskin). Kan den däremot konkurrera upp till 0,41 m³fub, vilket antagits här, så kan drivaren i stort sett användas över hela landet (figur 20).

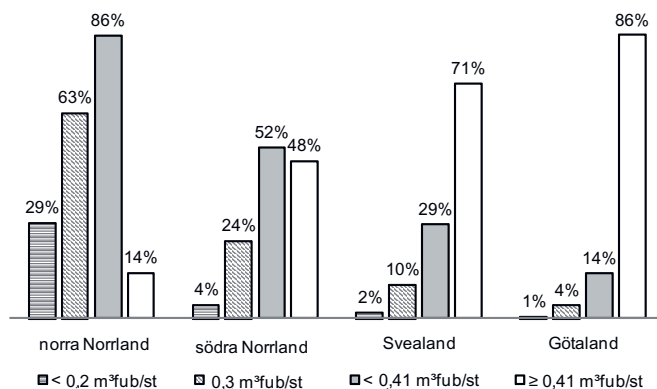
I absoluta tal är volymen som kan vara lämplig för drivaren (obeaktat transportavstånd och beståndsstorlek) störst i södra Norrland tätt följd av norra Norrland med runt 8 miljoner m³fub (figur 21). I Svealand avverkas ca 3,5 miljoner m³fub årligen i skogstyper som är lämplig för drivaren och i Götaland knappt 3 miljoner m³fub (figur 21).

Analysen tar alltså inte hänsyn till transportavstånd. Medeltransportavståndet i svenskt skogsbruk är i genom-

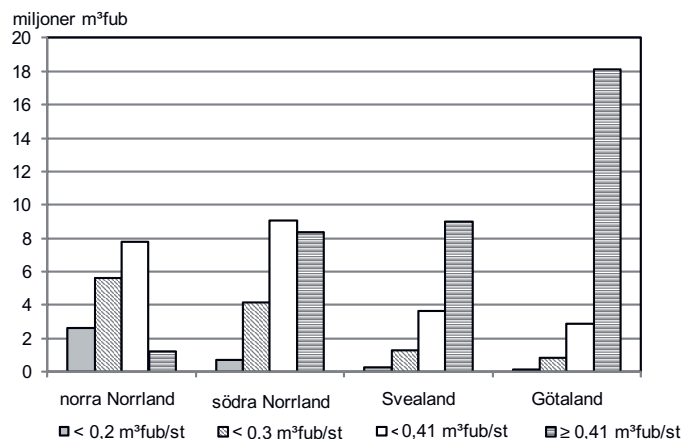
snitt ca 350 m. Detta ligger inom gränsen för var en slutavverkningsdrivare kan konkurrera. I norra Sverige kan objekten i vissa fall vara relativt stora (2000-3000 m³fub) vilket indikerar något längre transportavstånd än i södra Sverige där medelavverkningen i många fall ligger under 500 m³fub. I södra Sverige gynnas drivarsystemet av korta transportavstånd samt mindre objekt och därigenom många flyttar vilket belastar skördare/skotaressystemet betydligt mer än drivaren. Teoretiskt borde därför en slutavverkningsdrivare kunna konkurrera på en stor del av den totala slutavverkningsvolymen. En grov uppskattning skulle vara 60-70 % av volymen i norra Sverige och 20-30 % i södra Sverige. I årsvolym motsvarar detta ca 25 miljoner m³fub.

Detta är dock den teoretiskt beräknade volymen. I praktiken finns det en mängd faktorer utöver medelstamvolym, transportavstånd och objektsstorlek som påverkar vilket maskinsystem som är bäst lämpat vid olika avverkningar. Exempel på sådana faktorer är terräng, flexibilitet, volymkrav i industrin, mängden objekt inom ett område, deras förhållanden, samt maskinägarens/entreprenörens riskbedömning.

Hur en specialiserad slutavverkningsdrivare klarar konkurrensen med tvåmaskinsystemet vid olika förhållanden kan endast prövas i praktisk drift. I slutändan är det också psykologi som avgör om ett nytt maskinsystem ska ta över en stor del av slutavverkningen i skogsbruket. Om entreprenörer och skogsföretag kan övertygas om att drivaren är konkurrenskraftig så är bedömningen att det finns utrymme för drivare på en stor del av slutavverkningen i svenskt skogsbruk.



Figur 20. Andelen av volymen i respektive medelstamvolymklass under den närmaste 10-årsperioden.



Figur 21. Årliga avverkningsvolymen som kan antas vara lämpliga för drivaren (obeaktat transportavstånd och beståndsstorlek).

Slutsatser

SWOT-analys

En SWOT-analys för drivaren sammanfattas i tabell 5. SWOT-analysen ger en översikt över systemets styrkor, svagheter, möjligheter och risker. Analysen tyder på att fördelarna med systemet klart överväger nackdelarna. Förarna som kört drivaren anser i de flesta fall att drivaren slår skördaren då den i högre grad erbjuder ett om-

växlande och utmanande arbete. Ur administrativ synvinkel nämns korta ledtider, full kontroll på väglagret samt balansen mellan skördning och skotning som uppenbara fördelar med drivarsystemet. Entreprenörer som satsar på drivarsystemet bör vara tilltalade av låga flytt- och rese-kostnader, låg bränsleförbrukning och effektivt utnyttjande av kompetent personal.

Tabell 5.

SWOT-analys av drivare jämfört med skördare/skotare i avverkningsarbetet.

Styrkor-Strength	Svagheter-Weakness
- Tar bort "onödig" virkeshantering och arbetsmoment, vilket ger effektivare drivning. - Mindre flyttkostnader, en maskin (störst effekt på små objekt). - Inget kvarglömt virke i skogen, t.ex. under snö. - Lägre bränsleförbrukning. - Varierande arbete för föraren. - Mindre risk för kapsprickor vid direktlastning. - Mindre föroreningar i virket (direktlastning). - Lättplanerat (objektet räcker länge). - Flexibel, lätt att komplettera till ett konventionellt lag. - Enkelt att bygga ett nytt lag/företag (endast två man). - Optimal sysselsättning, alltid balans mellan upparbetning och skotning. - Bara en maskin att serva och underhålla. - Mindre verksamhetsområde (lägre årsvolym). - Mindre risk att sortimenten sammanblandas (direktlastning med hjälp av apteringsdatorn). - Mindre körning på trakten, mindre markskador. - Färskare virke vid vägkant. - Möjlighet till integrerade IT-lösningar. - Enklare planering och upphandling. - Mindre arbetskraftsbehov. - Möjlighet till bättre kvalitetskontroll. - Kompletterar andra maskinsystem, vilket ökar potentialen att höja produktiviteten i svenskt skogsbruk.	- Drivaren (namnet) förknippas med en misslyckad marknadsföring. - Mer ensamarbete i och med en maskin. - Svårare arbete, mer komplext. - Mer snöröjning, stannar längre på avlägsna objekt. - Tung och stor maskin. - Mer komplicerat att hantera många sortiment. - Fler maskinlag att planera för, i och med lägre årsvolym per lag. - Känslig för förarbortfall, få förare per maskin. - Kompromiss mellan två maskiner (kran och aggregat ej optimala för avverkning respektive lossning). - Komplexitet, risk för lägre TU. - Fler lass vid mindre lastvolym. - Kan/bör ej användas i gallring, tappad flexibilitet gallring/slutavverkning. - Skeptiska entreprenörer.
Möjligheter-Opportunities	Hot-Threat
- Stor utvecklingspotential (teknik och metod). - En maskin ger större tillverkningsserier. - Stor automatiseringspotential. - Snabbare och flexiblare vid förändrade förutsättningar (aptering, blöt väderlek etc.). - Förbättrat innovationsklimat. - Kortvirkesmetoden ökar internationellt.	- Osäkert andrahandsvärde. - Nischmaskin. - Riskerar att hamna på "skräpobjekt". - Dåligt rykte p.g.a. upphandlingsformen. - Få maskintillverkare. - Risk för högt maskinpris i en 0-serie. - Svenska marknaden är för liten för en specialmaskin.

Referenser

Sammanfattande slutsatser

Sammanfattningsvis är förutsättningarna för slutavverkningsdrivare i svenskt skogsbruk goda:

- Direktlastningen innebär färre arbetsmoment och effektivare drivning.
- Vid rätt förutsättningar innebär detta lägre drivningskostnader, lägre bränsleförbrukning och lägre arbetsinsats per kubikmeter.
- Analysen visar att en slutavverkningsdrivare skulle kunna konkurrera med skördare/skotaresystemet i ett betydligt bredare register av avverkningsobjekt än vad som antagits tidigare.
- Konkurrenskraften är störst i klenare bestånd och en slutavverkningsdrivare har potential att effektivisera avverkningen på en stor andel av skogsmarken i norra Sverige.
- Även i södra Sverige skulle drivaren kunna vara ett alternativ till skördare/skotaresystemet bland annat genom billigare och effektivare flyttning mellan små objekt.
- Ett stort antal sortiment påverkar drivaren negativt, men i klen skog är marginalen för drivaren tillräckligt stor för att konkurrenskraften jämfört med skördare-skotaresystemet ska behållas.
- Potentialen för vidareutveckling av drivarsystemet med t.ex. bättre anpassat aggregat, metod för hantering av många sortiment, snabbare terrängtransport och effektivare lossning är stor och skulle kunna öka drivarens konkurrenskraft ytterligare.
- Drivaren kompletterar skördare/skotaresystemen, vilka kan öka prestationen i och med bättre anpassning till objektets förutsättningar. Den totala effekten i svenskt skogsbruk blir att produktiviteten ökar och kostnaderna minskar.

Abelson, U. 1990. En lägesbeskrivning av träddelemetoden 1989 samt en studie av Valmets kombiskotare. SLU, Institutionen för virkeslära. Examensarbete.

Andersson, G. 1989. Kombinationsmaskin skördare-skotare – en ny maskingeneration? Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat nr 17.

Andersson, G. 1988. Studie av kombinationsaggregat IW-35. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil.

Andersson, J. 2002. Drivarens prestation i slutavverkning – en jämförelse av tre avverkningsmetoder. SLU. Studentuppsats 56. Umeå.

Bergkvist, I. 2007a. Drivaren i slutavverkning – direktlastning och bränsleförbrukning är starka kort. Skogforsk, Resultat nr 15.

Bergkvist, I. 2007b. The beast, a remote controlled harvester. Forest Engineering Conference , proceedings 2007 Montreal.

Bergkvist, I. 2009. Direct loading. The 2009 FORMEC conference. Proceedings 2009 Prague.

Bergkvist, I., Hallonborg, U. & Nordén, B. 2002. Valmet 801 Combi i gallring med fast lastutrymme för standardlängder. Skogforsk, Arbetsrapport nr 518.

Bergkvist, I., Hallonborg, U. & Nordén, B. 2003. Drivaren är konkurrenskraftig. Skogforsk, Resultat nr 14.

Bergkvist, I., Hallonborg, U. & Nordén, B. 2003. Valmet 801 Combi i gallring med vridbart lastutrymme för fallande längder. Skogforsk, Arbetsrapport nr 526.

Brunberg, T. & Arlinger, J. 2001. Vad kostar det att sortera virket i skogen? Skogforsk, Resultat nr 3.

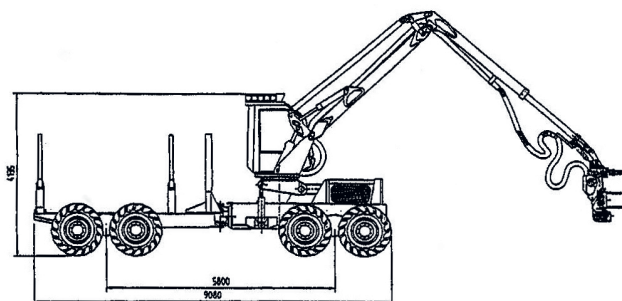
Granlund, P. & Thor, M. 2005. Vibrationsmätningar på drivare och skotare. Skogforsk, Arbetsrapport nr 601.

Hallonborg & Nordén 2000. Räkna med drivare i slutavverkning. Skogforsk, Resultat nr 21.

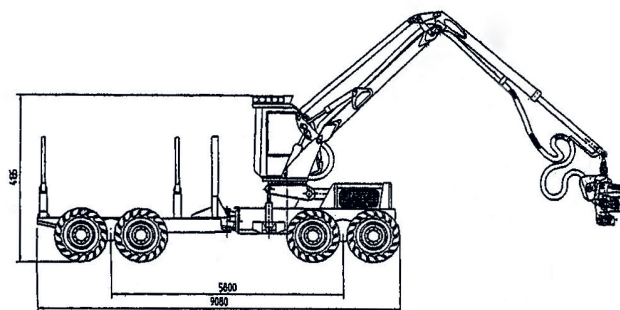
Pedersen, J. 1995. Kombinationsmaskin – studie av en prototyp MFG 250/TJ DA-90. Skogforsk. Stencil.

Bilaga 1

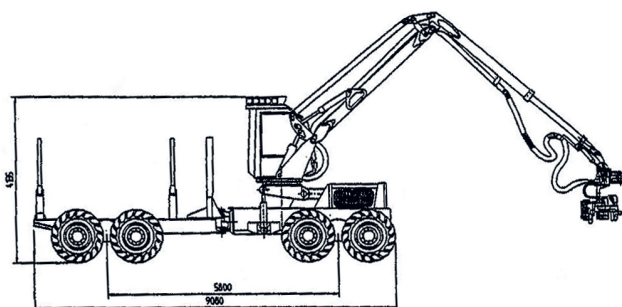
Drivarritningar sent 1990-tal



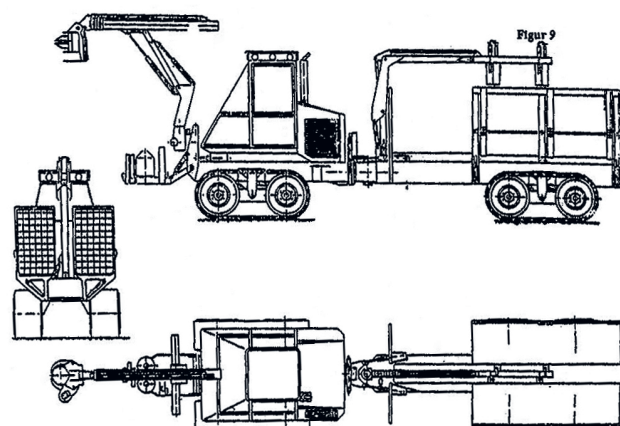
Figur 2



Figur 3

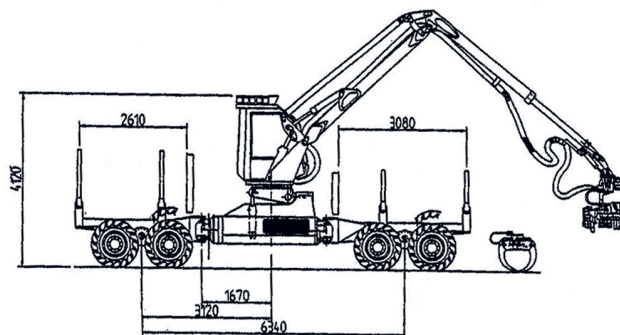
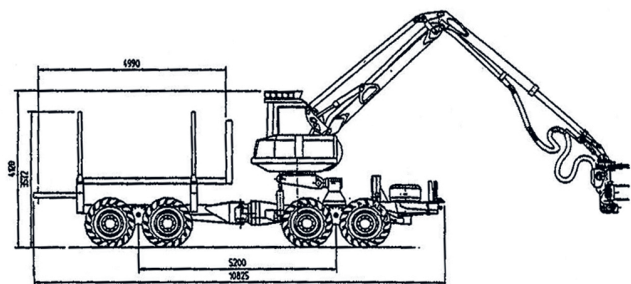


Figur 4



Figur 9

Figur 10



Figur 8

Bilaga 2

Skillnad på de olika aggregaten

- **330 standard aggregat**
 - Arbetstryck 230 bar – arbetsvarv 1 650 rpm.
 - Sågmotor 10 cc.
 - Främre knivar korta.
 - 2 trycknivåer på främre knivar.
 - 2 trycknivåer på matarvalsar
 - Proppstyrd lågfart (ventil 60l).
 - Teoretisk dragkraft 15,1 kN (2 matarvalsar).

- **330 trimmat aggregat**
 - Arbetstryck 265 bar – arbetsvarv 1 650 rpm.
 - Sågmotor 14 cc.
 - Främre knivar Långa.
 - Proppstyrt tryck på knivarna.
 - Proppstyrt tryck på matarvalsar.
 - Proppstyrd lågfart (ventil 35l).
 - Teoretisk dragkraft 17,4 kN (2 matarvalsar).

- **350 standard**
 - Arbetstryck 250 bar – arbetsvarv 1 650 rpm. (std)
 - Sågmotor 19 cc. (std)
 - Proppstyrt tryck på knivarna. (std)
 - Proppstyrt tryck på matarvalsar. (std)
 - Matarvalsar 400 cc. (std)
 - Teoretisk dragkraft 16,1 kN (3 matarvalsar.) (std)

TIDIGARE REDOGÖRELSE FRÅN SKOGFORSK

2008

- Nr 1** Furness-Lindén, A.: Affärsutveckling i relationen stor kund / liten leverantör – vad kan skogsbruket lära?
- Nr 2** Simonsen, R. Rosvall, O. Gong, P.: Lönsamhet för produktionshöjande skogsskötselåtgärder.
- Nr 3** Ring, E. Löfgren, S. Sandin, L. Högbom, L. Goedkoop, W: Skogsbruk och vatten – en kunskapsöversikt.
- Nr 4** Pettersson, F.: Effekt av gallringsform i tallförsöket Kolfallet
- Nr 5** Möller, J.J. Arlinger, J. Hannrup, B. Jönsson, P.: Virkesvärdestest 2006
- Nr 6** Thorsén, Å. Frisk, M. Furness-Lindén, A. Iwarsson, M. Thorsén, Å.: Snabbare tillämpning av FoU-resultat i skogsbruket

2007

- Nr 1** Bergkvist, I.: Stråkröjning i praktisk drift 2005–2006.
- Nr 2** Brunberg, T.: Underlag för produktionsnorm för extra stora engreppsskördare i slutavverkning.

2006

- Nr 1** Kroon, J. Rosvall, O.: Förflyttningseffekter hos vit- och svartgran i norra Sverige.
- Nr 2** Skogforsk: Utvecklingskonferens 2006, dokumentation.
- Nr 3** Granlund, P.: CTI på virkesfordon.
- Nr 4** Karlsson, B.: Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie.
- Nr 5** Karlsson, B.: Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie.

2004

- Nr 1** Utvecklingskonferens 2004.
- Nr 2** Werner, M. Heurlin Karlsson, L.: Skånska strövområden – vistelse, preferenser och värderingar.
- Nr 3** Brunberg, T.: Underlag till produktionsnormer för skotare.
- Nr 4** Rytter, L.: Produktpotential hos asp, björk och al.
- Nr 5** Kroon, J. Rosvall, O.: Optimal produktion vid nordförflyttning av gran i norra Sverige.

2003

- Nr 1** Hallonborg, U.: Maskinsågkedjor i praktisk drift.
- Nr 2** Aulén, G. Gustafsson, L.: Skogliga naturvärdesregioner för södra Sverige.
- Nr 3** Pettersson, F.: Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet.
- Nr 4** Glöde, D. Bergkvist, I.: 30 år med maskinell röjning – summering av utförd FoU och analys av framtida potential.
- Nr 5** Hallonborg, U.: Semiautonoma kortvikessystem – En systemanalys.
- Nr 6** Thorsén, Å.: Mellanchefer i skogsbruket – arbetet i "gränslandet" gentemot chefen.

Skogforsk arbetar för ett lönsamt, uthålligt bruk
av skogen. Vår verksamhet består av tillämpad FoU,
uppdrag och kunskapsöverföring.



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel. 018-18 85 00. Fax. 018-18 86 00
E-post. skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se